



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENTAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift** ⑩ **DE 196 54 846 A 1**

⑤ Int. Cl.⁶:
G 06 F 15/80
G 06 F 9/38

⑲ Aktenzeichen: 196 54 846.2
⑳ Anmeldetag: 27. 12. 96
㉑ Offenlegungstag: 9. 7. 98

DE 196 54 846 A 1

⑦① Anmelder:
Pact Informationstechnologie GmbH, 81545
München, DE

⑦② Erfinder:
Vorbach, Martin, 76149 Karlsruhe, DE; Münch,
Robert, 76149 Karlsruhe, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

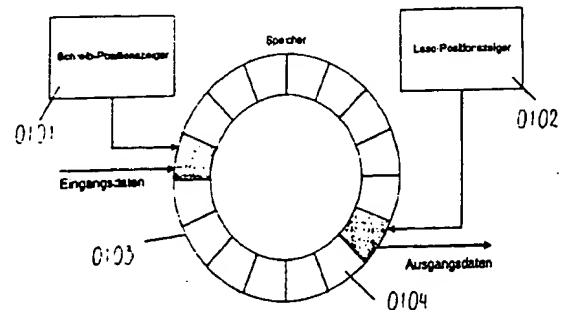
Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren zum selbständigen dynamischen Umladen von Datenflußprozessoren (DFPs) sowie Bausteinen mit zwei- oder mehrdimensionalen programmierbaren Zellstrukturen (FPGAs, DPGAs, o. dgl.)

⑤⑦ Für ein Verfahren zur dynamischen Umkonfiguration von konfigurierbaren Bausteinen mit einer zwei- oder mehrdimensionalen Zellanordnung (zum Beispiel FPGAa, DPGAs, DFPs o. ä.) wird vorgeschlagen, daß ein oder mehrere Switching-Tabellen, bestehend aus einer oder mehreren Steuerungen und einem oder mehreren Konfigurationsspeichern, auf dem Baustein integriert sind oder an diesen angeschlossen werden. Dabei werden Konfigurationsworte von einer Switching-Tabelle an ein konfigurierbares Element oder mehrere konfigurierbare Elemente des Bausteins oder der Bausteine übertragen, welche eine gültige Konfiguration einstellen.

Die Ladelogik oder die konfigurierbaren Elemente des Bausteins oder der Bausteine können Daten in den oder die Konfigurationsspeicher der Switching-Tabelle(n) schreiben. Die Steuerung der Switching-Tabelle(n), kann einzelne Einträge als Befehle erkennen und diese Befehle ausführen; die Steuerung kann ferner verschiedene Ereignisse erkennen und unterscheiden und daraufhin eine definierte Aktion durchführen.

Als Reaktion auf das Eintreffen eines Ereignisses oder einer Kombination von Ereignissen bewegt die Steuerung den oder die Positionszeiger und, falls es sich um Konfigurationsdaten und nicht um Befehle für die Steuerung handelt, schickt diese Konfigurationsdaten an die, in das oder die in den Konfigurationsdaten angegebenen konfigurierbaren Elemente. Die Steuerung kann ein oder mehrere Rückmeldungen an eine oder mehrere Ladelogiken senden, wobei diese ...



DE 196 54 846 A 1

Beschreibung

1 Hintergrund der Erfindung

1.1 Stand der Technik

Die sich heutzutage im Einsatz befindenden programmierbaren Bausteine (DPPs, FPGAs (Field Programmable Gate Arrays)) können auf zwei verschiedene Arten programmiert werden:

- Einmalig, das heißt die Konfiguration kann nach der Programmierung nicht mehr geändert werden. Alle konfigurierten Elemente des Bausteins führen also die gleiche Funktion, über den gesamten Zeitraum in dem die Anwendung abläuft, durch.
- Im Betrieb, das heißt die Konfiguration kann nach Einbau des Bausteins, durch das Laden einer Konfigurationsdatei, zum Startbeginn der Anwendung, geändert werden. Die meisten Bausteine (insbesondere die FPGA Bausteine), lassen sich während des Betriebes nicht weiter umkonfigurieren. Bei umkonfigurierbaren Bausteinen ist eine Weiterverarbeitung von Daten während des Umkonfigurierens meistens nicht möglich und die benötigte Zeit erheblich zu groß.

Die programmierbaren Bausteine werden durch ein Hardware-Interface mit ihren Konfigurationsdaten geladen. Dieser Vorgang ist langsam und benötigt meistens mehrere hundert Millisekunden auf Grund der beschränkten Bandbreite zum externen Speicher, in dem die Konfigurationsdaten abgelegt sind. Danach steht der programmierbare Baustein in der gewünschten/programmierten Funktion, wie in der Konfigurationsdatei beschrieben, zur Verfügung.

Eine Konfiguration entsteht dadurch, daß ein spezielles Bitmuster beliebiger Länge, in die konfigurierbaren Elemente des Bausteines eingetragen wird. Konfigurierbare Elemente können zum Beispiel alle Arten von RAM Zellen, Multiplexer, Vernetzungselemente oder ALUs sein. Ein Konfigurationswort wird in in einem solchen Element gespeichert, so daß das Element seine durch das Konfigurationswort eingestellte Konfiguration über den Zeitraum des Betriebes beibehält.

1.2 Probleme

Die existierenden Verfahren und Möglichkeiten besitzen eine Reihe von Problemen. Dies sind:

- Soll eine Konfiguration in eines DFP (vgl. DE 44 16 881 A1) oder einem FPGA geändert werden, so ist es immer notwendig, daß eine komplette Konfigurationsdatei in den zu programmierenden Baustein übertragen wird, auch wenn nur sehr kleine Teile der Konfiguration geändert werden sollen.

Während dem Laden einer neuen Konfiguration kann der Baustein keine, oder nur eingeschränkt, Daten weiterverarbeiten.

Durch die immer größer werdende Anzahl an konfigurierbaren Elementen pro Baustein (insbesondere bei den FPGA Bausteinen), werden die Konfigurationsdateien dieser Bausteine ebenfalls immer größer (mittlerweile einige hundert Kilobyte an Daten). Einen großen Baustein zu konfigurieren dauert daher sehr lange und macht eine Umkonfigurierung während der Laufzeit oft unmöglich oder beeinträchtigt die Arbeitsweise des Bausteins.

- Bei einer Teilkonfigurierung eines Bausteins zur

Laufzeit, wird immer eine zentrale Logik-Instanz benutzt, über welche alle Umkonfigurierungen verwaltet werden. Dies führt zu einem sehr hohen Kommunikations- und Synchronisations-Aufwand.

1.3 Verbesserung durch die Erfindung

Durch die beschriebene Erfindung ist eine Umkonfigurierung eines programmierbaren Bausteines wesentlich schneller möglich. Die Erfindung ermöglicht eine flexible Nutzung von verschiedenen Konfigurationen eines programmierbaren Bausteins zur Laufzeit, ohne dabei die Arbeitsfähigkeit des programmierbaren Bausteines zu beeinträchtigen oder zu stoppen. Veränderungen an der Konfiguration des Bausteins werden gleichzeitig durchgeführt und stehen somit sehr schnell, ohne daß, unter Umständen, weitere Konfigurationsdaten übertragen werden müssen, zur Verfügung. Das Verfahren kann für alle Arten von konfigurierbaren Elementen eines konfigurierbaren Bausteins sowie für alle Arten von Konfigurationsdaten, egal für welchen Zweck diese innerhalb des Bausteins bestimmt sind, eingesetzt werden.

Durch die Erfindung ist es möglich die statischen Beschränkungen herkömmlicher Bausteine aufzuheben und eine Verbesserung der Ausnutzung vorhandener konfigurierbarer Elemente zu erreichen. Durch die Einführung eines Zwischenspeichers ist es möglich über die selben Daten eine Vielzahl unterschiedlicher Funktionen auszuführen.

Die Einzelheiten und besondere Ausgestaltungen, sowie Merkmale des erfindungsgemäßen Bussystems sind Gegenstand der Patentansprüche.

2 Beschreibung der Erfindung

2.1 Übersicht über die Erfindung, Abstrakt

Auf einem programmierbaren Baustein existiert eine Vielzahl an Ring-Speichern, das sind Speicher mit einer eigenen Adreßsteuerung, die, wenn sie das Ende des Speichers erreicht hat, an dessen Anfang weiterläuft, wodurch sich ein Ring ergibt. Diese Ring-Speicher können schreiben und lesend auf, Konfigurationsregister, also die die Konfigurationsdaten entgegennehmenden Schaltkreise, der zu konfigurierenden Elemente zugreifen. Ein solcher Ring-Speicher besitzt eine bestimmte Anzahl an Einträgen, welche durch eine Ladelogik, wie in Offenlegung DE 44 16 881 A1 beschrieben, mit Konfigurationsdaten geladen werden. Der Aufbau der Einträge ist dabei so gewählt, daß ihr Datenformat, dem/den an den Ring-Speicher angeschlossenen konfigurierbaren Elementen entspricht und das Einstellen einer gültigen Konfiguration erlaubt.

Weiterhin existiert ein Lese-Positionszeiger, der einen der Einträge des Ring-Speichers, als aktuellen Lese-Eintrag selektiert. Der Lese-Positionszeiger kann durch eine Steuerung auf beliebige Positionen/Einträge innerhalb des Ring-Speichers bewegt werden. Weiterhin existiert eine Schreib-Positionszeiger, der einen der Einträge des Ring-Speichers, als aktuellen Schreib-Eintrag selektiert. Der Schreib-Positionszeiger kann durch eine Steuerung auf beliebige Positionen/Einträge innerhalb des Ring-Speichers bewegt werden.

Zur Laufzeit kann über diesen Ring-Speicher ein Konfigurationswort in das zu konfigurierende Element übertragen werden um eine Umkonfigurierung durchzuführen, ohne daß die Daten durch eine zentrale Logik verwaltet oder übertragen werden müssen. Durch den Einsatz mehrerer Ring-Speicher können viele konfigurierbare Elemente gleichzeitig umkonfiguriert werden.

Da ein Ring-Speicher mit seiner kompletten Steuerung

konfigurierbare Zellen zwischen mehreren Konfigurationsmodi umschalten kann, wird er Switching-Tabelle genannt.

2.2 Detailbeschreibung der Erfindung

Auf einem programmierbaren Baustein oder extern an diesen Baustein angeschlossen, existiert eine Menge an Ring-Speichern. Dem oder den Ring-Speichern zugeordnet sind eine oder mehrere Steuerungen, welche den oder die Ring-Speicher steuern. Diese Steuerungen sind ein Teil der in der Offenlegung DE 44 16 881 A1 genannten Ladelogik. Die Ring-Speicher enthalten Konfigurationsworte für die zu konfigurierenden Elemente eines oder einer Vielzahl von konfigurierbaren Bausteinen, dabei können die konfigurierbaren Elemente auch ausdrücklich der Vernetzung von Funktionsgruppen dienen und Crossbar-Schaltungen oder Multiplexer zum Verschalten von Busstrukturen nach dem Stand der Technik sein.

Die Ring-Speicher und die Steuerung des Ring-Speichers können entweder direkt in Hardware implementiert sein, oder aber erst durch die Konfiguration einer oder einer Mehrzahl von konfigurierbaren Zellen eines konfigurierbaren Bausteins (zum Beispiel FPGA) entstehen.

Als Ring-Speicher können Ring-Speicher nach Stand der Technik zum Einsatz kommen und insbesondere Ring-Speicher und/oder Steuerungen mit folgenden Eigenschaften:

- In denen nicht die gesamten Einträge genutzt werden, und welche eine Möglichkeit besitzen, eine Position anzugeben, an der der Lese- und/oder Schreib-Positionszeiger des Ring-Speichers an den Anfang oder das Ende des Ring-Speichers gesetzt wird. Dies läßt sich zum Beispiel durch Befehlsörter (STOP, GOTO, etc.), Zähler oder Register, welche die Start- und Stop-Position speichern, implementieren.
- Welche die Auftrennung des Ring-Speichers in unabhängige Sektionen ermöglichen und die Steuerung des Ring-Speichers derart, über die zum Beispiel unten aufgeführten Ereignisse, eingestellt werden kann, daß sie auf einer dieser Sektionen arbeitet.
- Welche die Auftrennung des Ring-Speichers in unabhängige Sektionen ermöglichen und es eine Mehrzahl an Steuerungen gibt, welche jeweils auf einer Sektion arbeiten. Dabei kann eine Mehrzahl an Steuerungen auch auf der gleichen Sektion arbeiten. Dies kann durch eine Arbiter-Schaltung realisiert werden. In diesem Fall gehen einige Verarbeitungszyklen verloren. Weiterhin können Register anstatt RAM zum Einsatz kommen.
- Jede Steuerung einen oder mehrere Lese-Positionszeiger und/oder einen oder mehrere Schreib-Positionszeiger besitzt.
- Diese Positionszeiger vorwärts und/oder rückwärts bewegt werden können.
- Diese Positionszeiger auf Grund eines oder mehrerer Ereignisse auf den Beginn, das Ende oder eine angegebene Position gesetzt werden können.
- Die Steuerung ein Maskenregister besitzt mit dem, durch Eintragen eines Datenwortes, aus der Menge aller möglichen Ereignisse eine Teilmenge selektiert werden kann. Nur diese Teilmenge an Ergebnissen, wird als Ereignis an die Steuerung weitergeleitet und löst die Weiterschaltung des/der Positionszeiger aus.
- Steuerungen welche mit einem mehrfachen Takt des eigentlichen Systemtakts arbeiten (oversampling) um das Abarbeiten mehrerer Einträge innerhalb eines Systemtakts zu ermöglichen.

Die Steuerung der Switching-Tabelle wird durch eine gewöhnliche Zustandsmaschine implementiert. Neben der einfachen Steuerung, die ein herkömmlicher Ring-Speicher benötigt, sind Steuerungen mit folgenden Eigenschaften besonders geeignet die Steuerung der in der Erfindung beschriebenen Switching-Tabellen eines programmierbaren Bausteins (insbesondere auch von FPGAs und DPGAs (Dynamically Programmable Gate Arrays, neue Untergruppe der FPGAs)) durchzuführen oder gegebenenfalls zu erweitern:

- Steuerungen, welche spezielle Befehlsörter erkennen können. Ein Befehlswort unterscheidet sich dadurch, daß es eine Kennzeichnung besitzt, die es der Steuerung ermöglicht, die Daten eines Eintrags des Ring-Speichers als Befehlswort und nicht als Datenwort zu erkennen.
- Steuerungen, welche spezielle Befehlsörter ausführen können. Insbesondere solche Befehle, welche den Ablauf der Zustandsmaschine ändern und/oder Einträge des Ring-Speichers, durch eine Datenverarbeitungs-Funktion, verändern können.
- Steuerungen, welche eine Kennung erkennen können, und auf Grund dieser Kennung weitere Einträge der Ring-Speicher durch den internen schnelleren (oversampling) Takt abarbeiten, solange, bis eine Ende-Kennung erreicht wurde, oder aber der nächste Taktzyklus des den Oversampling-Takt steuernden Taktes erreicht wurde.

Als Befehlsörter für die sinnvolle Steuerung einer Switching-Tabelle, welche eine Steuerung mittels Befehlsörtern benötigt, sind besonders die nun genannten Befehle oder eine Teilmenge der genannten Befehle denkbar. Die Befehlsörter, welche Positionszeiger betreffen, können jeweils auf den oder die Lese-Positionszeiger oder aber auf den oder die Schreib-Positionszeiger angewandt werden. Mögliche Befehlsörter sind:

- Einen WAIT Befehl.

Der WAIT Befehl veranlaßt die Steuerung solange zu warten bis das nächste Ereignis oder die nächsten (auch verschiedenen) Ereignisse eingetroffen sind. Während diesem Zustandes, werden der oder die Lese-/Schreib-Positionszeiger nicht weiterbewegt. Trifft das Ereignis oder die Ereignisse ein, so wird der oder die Lese-/Schreib-Positionszeiger auf den nächsten Eintrag positioniert.

- Einen SKIP Befehl.

Der SKIP Befehl überspringt eine angegebene Anzahl an Einträgen des Ring-Speichers, in einem von zwei Verfahren:

- Der SKIP1 Befehl wird komplett in einem Verarbeitungszyklus durchgeführt. Wurde zum Beispiel SKIP5 angegeben, so wird in einem Verarbeitungszyklus auf den, vom aktuellen Lese-/Schreib-Eintrag aus, fünf Einträge weiter vorne (hinten) liegenden Eintrag, gesprungen.
- Der SKIP2 Befehl wird erst nach einer Anzahl an Verarbeitungszyklen durchgeführt. Denkbar ist hier zum Beispiel, daß der Befehl SKIP5 erst nach fünf Verarbeitungszyklen durchgeführt wird. Dabei wird wieder vom aktuellen Eintrag aus, fünf Einträge nach vorne gesprungen. Der Parameter (in diesem Beispiel die 5) wird bei diesem Verfahren also zweimal genutzt.

Die Angabe der Sprungrichtung kann durch den Einsatz einer vorzeichenbehafteten Zahl sowohl in einer Vorwärts-

bewegung, wie auch in einer Rückwärtsbewegung, des oder der Positionszeiger enden.

- Einen SWAP Befehl.

Der SWAP Befehl tauscht die Daten zweier angegebenen Einträge gegeneinander aus.

- Einen RESET Befehl.

Der RESET Befehl setzt, den oder die Lese-/Schreib-Positionszeiger auf den Beginn und/oder eine angegebene Eintragsposition, innerhalb des Ring-Speichers.

- Einen WAIT-GOTO Befehl.

Der WAIT-GOTO Befehl, wartet wie der weiter oben beschriebene WAIT Befehl, auf ein oder mehrere bestimmte Ereignisse und führt dann, eine Positionierung des Lese-/Schreib-Positionszeigers auf einen definierten Anfangszustand, innerhalb eines oder mehrere Verarbeitungszyklen, durch.

- Einen NOP Befehl.

Der NOP Befehl führt keine Aktion aus. Es werden weder Daten aus dem Ring-Speicher an das oder die zu konfigurierenden Elemente übertragen, noch werden die Positionszeiger verändert. Der NOP Befehl kennzeichnet somit einen Eintrag als nicht relevant, dieser Eintrag wird aber von der Steuerung des Ring-Speichers angesprochen und ausgewertet, er benötigt als einen oder mehrere Verarbeitungszyklen.

- Einen GOTO Befehl.

Der GOTO Befehl positioniert den oder die Lese-/Schreib-Positionszeiger auf die angegebene Eintragsposition.

- Einen MASK Befehl.

Der MASK Befehl schreibt ein neues Datenwort in den Multiplexer, welcher die verschiedenen Ereignisse auswählt. Mit Hilfe dieses Befehls ist es also möglich, die Ereignisse, auf welche die Steuerung reagiert, zu ändern.

- Einen LLBACK Befehl.

Der LLBACK Befehl erzeugt eine Rückmeldung an die Ladelogik (im Sinne von Offenlegung DE 44 16 881 A1). Durch diesen Befehl kann die Switching-Tabelle das Umladen größerer Bereiche des Bausteins veranlassen, insbesondere jedoch ihr eigenes Umladen.

- Einen Befehl, welcher einen Read/Modify/Write Zyklus auslöst. Der Befehl löst das Lesen von Befehlen oder Daten in einem anderen Eintrag, zum Beispiel durch die Steuerung, die Ladelogik oder ein außerhalb der Switching-Tabelle liegendes Element, aus. Diese Daten werden dann auf beliebige Art verarbeitet und wieder an die gleiche oder eine andere Position, in den Ring-Speicher der Switching-Tabelle, geschrieben. Dies kann in der Zeitspanne eines Verarbeitungszykles der Switching-Tabelle geschehen. Der Vorgang ist dann vor dem nächsten Neupositionieren eines Positionszeigers beendet.

Der Aufbau der Einträge des Ring-Speicher hat folgendes Format:

| | | |
|--------------|----------|-------|
| Daten/Befehl | Run/Stop | Daten |
|--------------|----------|-------|

Das erste Bit kennzeichnet einen Eintrag als Befehl oder als Datenwort. Die Steuerung der Switching-Table entscheidet damit, ob die Bitkette im Datenteil des Eintrages als Befehl oder als Konfigurationsdaten behandelt werden.

Das zweite Bit kennzeichnet, ob die Steuerung sofort, auch ohne daß ein weiteres Ereignis eingetroffen ist, mit dem nächsten Eintrag fortfahren soll, oder ob auf das näch-

ste Ereignis gewartet werden soll. Wird ein Oversampling-Verfahren eingesetzt, und ist das RUN-Bit gesetzt, so werden die nächsten Einträge mit Hilfe dieses Oversampling-Taktes abgearbeitet. Dies geschieht solange, bis ein Eintrag ohne gesetztes RUN-Bit erreicht wurde, oder die Anzahl der Einträge, welche in der Oversampling-Taktrate innerhalb eines Systemtakt abgearbeitet werden können, erreicht wurde.

Kommt kein Oversampling-Verfahren zum Einsatz, so wird durch den normalen Systemtakt und gesetztes RUN-Bit eine Weiterschaltung veranlaßt. Während des Ablaufes einer mit dem RUN-Bit gekennzeichneten Befehlsfolge eintreffende Ereignisse werden ausgewertet und das Trigger-Signal in einem Flip-Flop gespeichert. Die Steuerung wertet dieses Flip-Flop dann wieder aus, wenn ein Eintrag ohne gesetztes RUN-Bit erreicht wurde.

Der Rest eines Eintrags enthält je nach Art (Daten oder Befehl) alle notwendigen Informationen, so daß die Steuerung ihre Aufgabe vollständig durchführen kann.

Die Größe des Ring-Speichers ist der Anwendung entsprechend implementierbar, insbesondere gilt dies für programmierbare Bausteine, bei denen der Ring-Speicher durch die Konfiguration einer oder mehrerer konfigurierbarer Zellen entsteht.

Ein Ring-Speicher ist dabei derart an ein zu konfigurierendes Element - oder an eine Gruppe von zu konfigurierenden Elementen - angeschlossen, daß ein selektiertes Konfigurationswort (im Ring-Speicher) in das Konfigurationsregister des zu konfigurierenden Elements oder der Gruppe der zu konfigurierenden Elemente, eingetragen wird.

Dadurch entsteht eine gültige und arbeitsfähige Konfiguration des zu konfigurierenden Elements oder der zu konfigurierenden Gruppe.

Jeder Ring-Speicher besitzt eine Steuerung oder mehrere Steuerungen, welche die Positionierung des Lese-Positionszeiger und/oder des Schreib-Positionszeigers steuert.

Die Steuerung kann, mittels des in der Offenlegung DE 44 16 881 A1 genannten Rückmeldekanals, auf Ereignisse von anderen Elementen des Bausteins oder durch externe Ereignisse, welche in den Baustein, übertragen werden (zum Beispiel Interrupt, IO-Protokolle etc.) reagieren und bewegt, als Reaktion auf diese internen oder externen Ereignisse, den Lese-Positionszeiger und/oder den Schreib-Positionszeiger, auf einen anderen Eintrag.

Als Ereignisse sind zum Beispiel denkbar:

- Taktzyklus einer Rechanlage.
- internes oder externes Interrupt-Signal.
- Trigger-Signal von anderen Elementen innerhalb des Bausteines.
- Vergleich eines Datenstroms und/oder eines Befehlsstroms mit einem Wert.
- Input/Output Ereignisse.
- Ablaufen, Überlaufen, Neusetzen etc. eines Zählers.
- Auswerten eines Vergleichs.

Befinden sich mehrere Ring-Speicher auf dem Baustein, so kann die Steuerung eines jeden Ring-Speichers auf unterschiedliche Ereignisse reagieren.

Nach jeder Bewegung des Lese-Positionszeigers auf einen neuen Eintrag, wird das in diesem Eintrag enthaltene Konfigurationswort an das konfigurierbare Element oder die konfigurierbaren Elemente, welche an den Ring-Speicher angeschlossen sind, übertragen.

Diese Übertragung geschieht in der Art, daß die Arbeitsweise der nicht von der Umkonfiguration betroffenen Teile des Bausteins, nicht beeinträchtigt wird.

Der oder die Ring-Speicher können sich entweder in einem Baustein befinden, oder aber über ein externes Inter-

face, von außen an den Baustein angeschlossen werden.

Dabei sind auch mehrere unabhängige Ring-Speicher pro Baustein denkbar, welche in einer Region des Bausteins zusammengefaßt sein können oder aber in einer sinnvollen Weise verteilt über die Fläche des Bausteines angeordnet sind.

Die Konfigurationsdaten werden durch eine Ladelogik, wie aus Offenlegung DE 44 16 881 A1 bekannt, oder durch andere interne Zellen des Bausteins in den Speicher der Switching-Tabelle geladen. Die Konfigurationsdaten können durch die Ladelogik oder durch andere interne Zellen des Bausteins dabei auch gleichzeitig an mehrere verschiedene Switching-Tabellen übertragen werden, um ein gleichzeitiges Laden der Switching-Tabellen zu ermöglichen.

Dabei können sich die Konfigurationsdaten auch im Hauptspeicher einer Datenverarbeitungsanlage befinden und anstatt der Ladelogik durch bekannte Verfahren, wie DMA oder prozessorgesteuerte Datentransfers übertragen werden.

Nach dem Laden des Ring-Speichers der Switching-Tabelle durch die Ladelogik, wird die Steuerung der Switching-Tabelle, in einen Startzustand gesetzt, die eine gültige Konfiguration des kompletten Bausteines oder Teilen des Bausteines, einstellt. Die Steuerung der Switching-Tabelle beginnt nun mit der Neupositionierung des Lese-Positionszeigers und/oder des Schreib-Positionszeigers, als Reaktion auf eintreffende Ereignisse.

Um das Laden neuer Daten in eine Switching-Tabelle oder einer Menge von Switching-Tabellen zu veranlassen kann die Steuerung ein Signal an die Ladelogik, im Sinne von Offenlegung DE 44 16 881 A1, oder andere interne Teile des Bausteins, welche für das Laden neuer Daten in den Ring-Speicher der Switching-Tabelle verantwortlich sind, zurückgeben. Das Auslösen einer solchen Rückmeldung kann durch die Auswertung eines speziellen Befehls, eine Zählerstandes oder aber von außen (wie in der Patentanmeldung PACT02 in der State-Back-UNIT beschrieben) erfolgen.

Die Ladelogik oder andere interne Zellen des Bausteins werten dieses Signal aus, reagieren auf das Signal durch eine möglicherweise veränderte Programmausführung, und übertragen neue oder andere Konfigurationsdaten an den oder die Ring-Speicher. Dabei müssen nun nur noch die Daten jener Ring-Speicher übertragen werden, die auf Grund der Auswertung des Signals an einer Datenübertragung beteiligt sind und nicht mehr die Konfigurationsdaten eines kompletten Bausteines.

2.3 Zwischenspeicher

An einzelne konfigurierbare Elemente oder Gruppen derselben (nachfolgend Funktionselemente genannt) kann ein Speicher angeschlossen werden. Zur Ausgestaltung dieses Speichers können mehrere Verfahren nach dem Stand der Technik eingesetzt werden, ins besondere bieten sich FIFOs an. Die von den Funktionselementen generierten Daten werden in den Speicher gespeichert, so lange, bis ein Datenpaket mit der gleichen durchzuführenden Operation abgearbeitet ist, oder der Speicher voll ist. Danach werden die Konfigurationselemente über Switching-Tabellen umkonfiguriert, d. h. die Funktion der Elemente ändert sich. Als Triggersignal für die Switching-Tabellen kann dabei das FullFlag dienen, das anzeigt, daß der Speicher voll ist. Um die Datenmenge beliebig bestimmen zu können, ist die Position des Full-Flags konfigurierbar, d. h. der Speicher kann ebenfalls durch die Switching-Tabelle konfiguriert werden. Die Daten im Speicher werden auf den Eingang der Konfigurationselemente geführt und eine neue Operation über die Daten wird

durchgeführt; die Daten stellen die Operanden für die neue Berechnung dar. Dabei können ausschließlich die Daten aus dem Speicher verarbeitet werden, oder weitere Daten gelangen von außen (von außerhalb des Bausteines oder anderen Funktionselementen) hinzu. Beim Abarbeiten der Daten können diese (die Ergebnisse der Operation) an nachfolgende Konfigurationselemente weitergeleitet werden, oder nochmals in den Speicher geschrieben werden. Um sowohl den schreibenden als auch den lesenden Zugriff auf den Speicher zu ermöglichen, kann der Speicher aus zwei Speicherbanken bestehen, die alternierend abgearbeitet werden oder es existiert ein getrennter Lese- und Schreibpositionszeiger auf demselben Speicher.

Eine besondere Ausgestaltungsmöglichkeit ist der Anschluß mehrerer wie oben beschriebener Speicher. Damit können mehrere Ergebnisse in getrennten Speichern abgelegt werden und zu einem bestimmten Zeitpunkt, zum Ausführen einer bestimmten Funktion, werden mehrere Speicherbereiche gleichzeitig zum Eingang eines Funktionselementes geführt und verrechnet.

2.4 Aufbau eines Eintrages des Ring-Speichers

Ein möglicher Aufbau der Einträge in den Ring-Speichern einer Switching-Tabelle, welche in einer Datenverarbeitungs-Anlage zum Einsatz kommt, wie sie in Offenlegung DE 44 16 881 A1 beschrieben ist, wird nun beschrieben. In den folgenden Tabellen ist der Befehlsaufbau anhand der einzelnen Bits eines Befehlswortes beschrieben:

| Bit-Nummer | Name | Bedeutung |
|------------|--------------|--|
| 0 | Daten/Befehl | Kennzeichnet einen Eintrag als Daten- oder Befehlswort |
| 1 | run/Stop | Kennzeichnet run- oder Stop-Mode |

Handelt es sich bei dem Eintrag um einen Dateneintrag, hat das Bit Nummer 0 also den Wert 0, so haben die Bits ab der Position zwei folgende Bedeutung:

| Bit Nummer | Name | Bedeutung |
|------------|---------------------|---|
| 2..6 | Zellen-Nummer | Gibt die Nummer der Zelle innerhalb einer Gruppe an, welche zusammen eine Switching-Tabelle verwenden |
| 7..11 | Konfigurationsdaten | Gibt die Funktion an, welche die Zelle (zum Beispiel eine EALU) ausführen soll |

Handelt es sich bei dem Eintrag um einen Befehl, das Bit Nummer 0 hat also den Wert 1, so haben die Bits ab der Position zwei folgende Bedeutung:

| Bit Nummer | Name | Bedeutung |
|------------|-------------------------------|--|
| 2..6 | Befehls-Nummer | Gibt die Nummer des Befehls an, welcher durch die Steuerung der Switching-Tabelle ausgeführt wird |
| 7 | Schreib-/Lese-Positionszeiger | Gibt an, ob der Befehl auf den Schreib- oder den Lese-Positionszeiger des Ring-Speichers angewendet werden soll. Verändert ein Befehl keine Positionszeiger, so ist der Bitzustand nicht definiert |
| 8..n | Daten | Ja nach Befehl werden ab Bit 8 die für den Befehl benötigten Daten abgespeichert |

In der nachfolgenden Tabelle sind nun die Bits 2..6 und 8..n für jeden hier aufgeführten Befehl dargestellt. Die gesamte Bitbreite eines Datenwortes hängt von dem verwendeten Baustein ab, in dem die Switching-Tabelle zum Einsatz kommt. Die Bitbreite ist so zu wählen, daß alle, für die Befehle benötigten Daten in den Bits ab Position 8 kodiert werden können.

| Befehl | Bit 2..6 | Bit 8..n Bedeutung |
|-----------|----------|---|
| WAIT | 00 00 0 | Anzahl wie oft auf ein Ereignis gewartet werden soll |
| SKIP1 | 00 00 1 | Vorzeichenbehaftete Zahl, die angibt, wieviele Einträge nach vorne(hinten, wenn negativ) gesprungen werden soll |
| SKIP2 | 00 01 0 | Siehe SKIP1 |
| SWAP | 00 01 1 | 1. Eintragsposition, 2. Eintragsposition |
| RESET | 00 10 0 | Nummer des Eintrags auf den der Positionszeiger gesetzt werden soll |
| WAIT-GOTO | 00 10 1 | Anzahl wie oft auf ein Ereignis gewartet werden soll, gefolgt von der Nummer des Eintrags auf den der Positionszeiger gesetzt werden soll |
| NOP | 00 11 0 | Keine Funktion! |
| GOTO | 00 11 1 | Nummer des Eintrags auf den der Positionszeiger gesetzt werden soll |
| MASK | 01 00 0 | Bitmuster, welches in den Multiplexer zur Auswahl der Ereignisse eingetragen wird |
| LLBACK | 01 00 1 | Ein Trigger-Signal für die Ladelogik wird generiert (Rückmeldung) |

2.5 Umkonfigurieren von ALUs

Weiterhin ist der Einsatz einer oder mehrerer Switching-Tabellen für die Steuerung einer ALU denkbar. Die beschriebene Erfindung kann zum Beispiel als Verbesserung des Patentes PACT02 benutzt werden, in dem die Switching-Tabelle an die M/F-PLUREG Register angeschlossen wird oder die M/F-PLUREG Register komplett durch eine Switching-Tabelle ersetzt werden.

3 Kurzbeschreibung der Diagramme

Fig. 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines Ringspeichers.

Fig. 2 stellt den internen Aufbau des Ringspeichers dar.

Fig. 3 zeigt einen Ringspeicher mit wählbarem Arbeitsbereich.

Fig. 4 zeigt einen Ringspeicher und eine Steuerung, die über mehrere Schreib- und Lese-Positionszeiger auf verschiedenen Sektionen des Ringspeichers arbeiten kann.

Fig. 5 stellt einen Ringspeicher dar, auf den verschiedene Steuerungen in unterschiedlichen Sektionen zugreifen.

Fig. 6 zeigt einen Ringspeicher und seine Verbindung mit den konfigurierbaren Elementen.

Fig. 7 zeigt die Steuerung, mit einer Logik um auf verschiedene Triggersignale reagieren zu können. a) Realisierung der Maske für die Triggerimpulse.

Fig. 8 stellt den Taktgenerator für die Steuerung dar.

Fig. 9 zeigt die Verschaltung der Steuerung und der internen Zellen, um eine Konfiguration der zu konfigurierenden Elemente zu ermöglichen.

Fig. 10 stellt die Verarbeitung der im Ringspeicher abgelegten Befehle, durch die Steuerung dar.

Fig. 11 stellt die Verarbeitung der im Ringspeicher gespeicherten Daten dar.

Fig. 12 zeigt den Anschluß eines Zwischenspeichers aus zwei Speicherbanken an eine Menge von konfigurierbaren Elementen. Die Fig. a-d zeigen den Ablauf einer Datenverarbeitung.

Fig. 13 zeigt den Anschluß eines Zwischenspeichers mit getrenntem Schreib/Lesezeiger an eine Menge von konfigurierbaren Elementen.

Fig. 14 zeigt die Funktionsweise eines Zwischenspeichers mit getrenntem Schreib/Lesezeiger.

Fig. 15 zeigt den Anschluß zweier Zwischenspeicher aus je zwei Speicherbanken an eine Menge von konfigurierbaren

ren Elementen. Die Fig. a-c zeigen den Ablauf einer Datenverarbeitung

4 Detailbeschreibung der Diagramme

Fig. 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines Ringspeichers. Er besteht aus einem Schreib-Positionszeiger 0101 und einem Lese-Positionszeiger 0102, die auf einen Speicher 0103 zugreifen. Dieser Speicher kann als RAM oder als Register ausgeführt werden. Mit Hilfe der Schreib/Lese-Positionszeiger wird eine Adresse des RAMs 0104 ausgewählt, die abhängig von der gewählten Zugriffsart, mit den Eingangsdaten beschrieben wird, oder deren Daten gelesen werden.

Fig. 2 stellt den internen Aufbau eines einfachen Ringspeichers dar. Für den Schreib/Lese-Positionszeiger steht jeweils ein Zähler zur Verfügung. 0201 stellt den Zähler des Lese-Positionszeigers 0204 dar und 0206 ist der Zähler des Schreib-Positionszeigers 0205. Beide Zähler 0201, 0206 besitzen jeweils einen globalen Reset Eingang und einen Up/Down Eingang über den die Zählrichtung festgelegt wird. Über einen Multiplexer 0202, an dessen Eingängen die Ausgänge der Zähler anliegen, wird zwischen Schreib- (0205) und Lese-Positionszeiger (0204), die auf eine Adresse des Speichers 0203 zeigen, umgeschaltet. Der Schreib- und Leszugriff wird über das Signal 0207 durchgeführt. Bei jedem Schreib- oder Leszugriff wird der jeweilige Zähler um eine Position weitergezählt. Zeigt nun der Schreib- (0205) oder Lese-Positionszeiger (0204) auf die letzte Position des Speichers (letzte Adresse bei einem aufwärts zählendem Zähler oder die erste Adresse bei einem abwärts zählenden Zähler) so wird der Schreib- oder Lese-Positionszeiger 0205, 0204 mit dem nächsten Zugriff auf die erste Position des Speichers 0203 gesetzt (erste Adresse bei einem aufwärts zählenden Zähler oder die letzte Adresse bei einem abwärts zählenden Zähler). Damit ergibt sich die Funktion eines Ringspeichers.

Fig. 3 stellt eine Erweiterung des normalen Ringspeichers dar. Bei dieser Erweiterung kann der Zähler 0303 des Schreib-Positionszeiger 0311 und der Zähler 0309 des Lese-Positionszeiger 0312 mit einem Wert geladen werden, so daß jede Adresse des Speichers direkt eingestellt werden kann. Dieser Ladevorgang erfolgt wie üblich über die Data- und Load-Eingänge der Zähler. Außerdem kann der Arbeitsbereich des Ringspeichers auf eine bestimmte Sektion des internen Speichers 0306 eingegrenzt werden. Dies erfolgt mit einer internen Logik, welche die Zähler 0303, 0309 der Schreib/Lese-Positionszeiger 0311, 0312 ansteuert. Diese Logik ist folgendermaßen aufgebaut: Der Ausgang eines Zählers (0303, 0309) wird auf den Eingang des zu ihm gehörenden Komparators (0302, 0308) geführt. Dort wird der Wert des jeweiligen Zählers mit dem Wert des jeweiligen Datenregisters (0301, 0307) in dem die Sprungposition, das heißt das Ende der Sektion des Ringspeichers gespeichert ist, verglichen. Stimmen die beiden Werte überein, so gibt der Komparator (0302, 0308) ein Signal an den Zähler (0303, 0309), der dann den Wert aus dem Datenregister für die Zieladresse des Sprunges (0304, 0310), das heißt den Beginn der Sektion des Ringspeichers, lädt. Die Datenregister für die Sprungposition (0301, 0307) und die Datenregister für die Zieladresse (0304, 0310) werden von der Ladelogik (vgl. PACT01) geladen. Mit dieser Erweiterung ist es möglich, daß der Ringspeicher nicht den gesamten Bereich des internen Speichers verwendet, sondern nur einen ausgewählten Teil. Außerdem kann der Speicher, bei der Verwendung mehrerer solcher Schreib/Lese-Positionszeiger (0311, 0312) in verschiedene Sektionen aufgeteilt werden.

Fig. 4 zeigt den Aufbau eines in mehrere Sektionen aufgeteilten Ringspeichers, wobei die Steuerung 0401 auf einer

dieser Sektionen arbeitet. Die Steuerung wird detaillierter in Fig. 7 beschrieben. Um eine Aufteilung des Ringspeichers in mehrere Sektionen zu ermöglichen, werden mehrere Schreib/Lese-Positionszeiger 0402, 0408 verwendet, deren Aufbau in Fig. 3 dargestellt wurde. Die Steuerung wählt dabei den Bereich, auf dem sie arbeitet, über die Multiplexer 0407 aus. Der Schreib- oder Lesezugriff wird über den Multiplexer 0403 gewählt. Eine Adresse des Speichers 0404 wird also von dem ausgewählten Schreib/Lese-Positionszeiger adressiert.

Fig. 5 zeigt den Fall, in dem mehrere Steuerungen 0501 über jeweils einen Schreib- und Lese-Positionszeiger 0506, 0502 pro Steuerung, auf einem eigenen Bereich des Ringspeichers arbeiten. Jeder Steuerung 0501 ist dabei ein Schreib-Positionszeiger 0506 und ein Lese-Positionszeiger 0502 zugeordnet. Welcher der mehreren Schreib- und Lese-Positionszeiger 0506, 0502 auf den Speicher 0504 zugegriffen wird, wird über den Multiplexer 0505 ausgewählt. Über den Multiplexer 0503 wird entweder ein Schreib- oder Lesezugriff ausgewählt. Das Schreib/Lesesignal der Steuerungen 0501 gelangt über den Multiplexer 0507 zum Speicher 0504. Das Steuersignal der Multiplexer 0507, 0505, 0503 verläuft von den Steuerungen 0501 über einen Arbitr 0508 zu den Multiplexern. Durch den Arbitr 0508 wird verhindert, daß mehrere Steuerungen gleichzeitig auf die Multiplexer 0507, 0505, 0503 zugreifen.

Fig. 6 stellt einen Ringspeicher 0601 und seine Verbindung mit den Konfigurationselementen 0602 dar. Der Ringspeicher 0601 ist über 0604, 0605, 0606 verbunden. Über 0604 werden die Adressen der angesprochenen Zellen 0607 übertragen. Die Leitung 0605 überträgt die Konfigurationsdaten aus dem Ringspeicher. Die Zellen 0607 übertragen eine Rückmeldung ob eine Umkonfigurierung möglich ist über die Verbindung 0606. Die im Ringspeicher abgelegten Daten werden in das Konfigurationselement 0602 eingetragen. Dieses Konfigurationselement 0602 bestimmt die Konfiguration der konfigurierbaren Elemente 0603. Die konfigurierbaren Elemente 0603 können z. B. aus logischen Bauteilen, ALUs bestehen.

Fig. 7 zeigt eine Steuerung die auf verschiedene Triggerereignisse reagieren kann. Die einzelnen Triggerereignisse sind dabei maskierbar, so daß immer nur ein Triggerereignis angenommen wird. Dies erfolgt mit dem Multiplexer 0701. Das Triggersignal wird mit dem Flipflop 0704 gespeichert. Der Multiplexer 0702, der auch als Maske über UND-Gatter ausgestaltet sein kann (vgl. Fig. 7a), dient dazu um Low aktive und High aktive Triggersignale verarbeiten zu können. Das im Flipflop gespeicherte Triggersignal wird über 0705 zur Takterzeugung, die in Fig. 8 beschrieben ist, weitergegeben. Die Zustandsmaschine 0703 bekommt ihren Takt von der Logik zur Takterzeugung und liefert abhängig von ihren Eingangssignalen ein Ausgangssignal und ein Resetsignal um das Flipflop 0704 zurückzusetzen und die Verarbeitung bis zum nächsten Triggersignale anzuhalten. Vorteil dieser Implementierung ist die Stromersparnis bei Taktabschaltung, da die Zustandsmaschine 0703 dann statisch ist. Eine Implementierung wäre ebenfalls denkbar, in dem der Takt immer anliegt und die Zustandsmaschine durch den Zustand des Befehlsdekoders und des run Bit gesteuert wird.

Fig. 7a zeigt die Maskierung der Triggersignale. Die Triggersignale und die Leitungen von A liegen auf den Eingängen der UND-Gatter 0706. Die Ausgänge der UND-Gatter 0706 werden mit 0707 verodet und erzeugen das Ausgangssignal.

Fig. 8 zeigt die Logik zur Takterzeugung für die Zustandsmaschine. In 0801 wird mit Hilfe eines PLL ein anderer Takt erzeugt. Über den Multiplexer 0802 kann nun ausgewählt werden, ob der normale Chiptakt oder der Takt des

PLL 0801 verwendet wird. Am ODER-Gatter 0804 liegen die Signale C und B an. Das Signal C wird aufgrund eines Triggerereignisses in der Steuerung erzeugt (vgl. Fig. 7, 0705). Signal B stammt aus dem Bit 1 des Befehlswortes (vgl. Fig. 10, 1012). Dieses Bit hat die Funktion eines run Flags, so daß die Steuerung bei gesetztem run Flag unabhängig vom einem Triggerimpuls weiterarbeitet. Der Ausgang des ODER-Gatters 0804 wird mit dem Ausgang des Multiplexers 0802 verodet und erzeugt so den Takt für die Zustandsmaschine.

Fig. 9 zeigt die Verbindung zwischen der Steuerung 0907, der Ladelogik 0902 mit Speicher 0901, dem Ringspeicher 0906, den konfigurierbaren Elementen 0905 und Konfigurationselementen 0908, sowie den internen zur Konfiguration benutzten Zellen 0903. Hier ist die interne zur Konfiguration verwendete Zelle 0903 als normale Zelle mit konfigurierbaren Elementen 0905 und Konfigurationselementen 0908 gezeigt. Der Ringspeicher 0906 steht mit den Konfigurationselementen 0908 in Verbindung und wird seinerseits durch die Steuerung 0907 gesteuert. Die Steuerung 0907 reagiert auf verschiedene Triggerimpulse, wobei diese Triggerimpulse auch von der internen zur Konfiguration verwendeten Zelle 0903 stammen können. Über den Rückmeldekanal 0909 teilt die Steuerung 0907 der Ladelogik 0902 mit, wenn aufgrund eines Triggerereignisses neue Daten in den Ringspeicher 0906 zu laden sind. Zusätzlich zum Senden dieser Rückmeldung schickt die Steuerung 0907 noch ein Signal an den Multiplexer 0904 und wählt aus, ob Daten aus der Ladelogik 0902 oder der internen zur Konfiguration verwendeten Zelle 0903 zum Ringspeicher geschickt wird.

Außer der Konfiguration des Ring-Speichers durch die Ladelogik, kann der Ring-Speicher wie folgt eingestellt werden: Das konfigurierbare Element 0903 ist so geschaltet, daß es, allein oder als letztes Element einer Gruppe von Elementen, Einträge für den Ringspeicher (0906) generiert. Dabei generiert es einen Triggerimpuls, der den Schreibpositionszeiger im Ring-Speicher weiterschaltet. In diesem Modus schaltet der Multiplexer (0904) die Daten von 0903 zum Ring-Speicher durch, während bei einer Konfiguration durch die Ladelogik die Daten von der Ladelogik durchgeschaltet werden. Es wäre selbstverständlich denkbar, daß weitere fest implementierte Funktionseinheiten als Quelle der Konfigurationssignale dienen.

Fig. 10 zeigt die Befehlsverarbeitung der in den Ringspeichern abgelegten Befehle durch die Steuerung. 1001 stellt den Speicher des Ringspeichers mit folgender Bitaufteilung dar. Bit 0 kennzeichnet den Eintrag als Daten- oder Befehlsword. Bit 1 kennzeichnet den run- und Stop-Mode. Bit 2...6 bezeichnet die Befehlsnummer, welche die Befehle kodiert. Bit 7 gibt an ob der Befehl auf den Lese- oder Schreib-Positionszeiger angewendet werden soll. Beeinflußt der Befehl keinen Positionszeiger, so ist Bit 7 undefiniert. In Bit 8...n werden die für einen Befehl benötigten Daten abgelegt. Die Zahler 1004, 1005 bilden die zum Ringspeicher gehörenden Schreib/Lese-Positionszeiger. Empfängt die Steuerung einen Triggerimpuls, gibt die Zustandsmaschine einen Impuls an den Lese-Positionszeiger. Der Schreib-Positionszeiger wird zum Lesen eines Befehles nicht benötigt, sondern wird nur für den Eintrag von Daten in den Ringspeicher benutzt. Der gewählte Lese-Positionszeiger bewegt sich um eine Position weiter und ein neuer Befehl wird selektiert (Bit 0=0). Am Befehlsdecoder 1002 liegen nun die Bits 2...6 und Bit 7 an, werden dekodiert und das Ergebnis wird zur Zustandsmaschine weitergeleitet (1024). Diese erkennt um welchen Befehl es sich handelt und schaltet entsprechend.

- Handelt es sich um einen Skip Befehl so gibt die Zustandsmaschine 1011 einen Impuls an den Addierer/

Subtrahierer 1006 damit er zu den über den Multiplexer 1003 anliegenden Daten aus den Zählern 1004, 1005, die Daten des Befehlswortes aus Bit 8...n addiert oder subtrahiert. Der Multiplexer 1003 wählt abhängig von Bit 7 den Zähler des Schreib-Positionszeigers 1004 oder den Zähler des Lese-Positionszeigers 1005. Nachdem die Daten addiert/subtrahiert wurden, aktiviert die Zustandsmaschine 1011 das Tor 1010 und gibt ein Übernahmesignal an den Zähler 1004, 1005. Damit zeigt der ausgewählte Positionszeiger um so viele Positionen nach vorne oder hinten wie in den Daten des Skip Befehles angegeben.

- Bei einem GOTO Befehl wird von der Zustandsmaschine 1011 das Tor 1007 aktiviert, so daß die Daten abhängig von Bit 7 zum Schreib- oder Lese-Positionszeiger 1004, 1005 gelangen und dort übernommen werden.

- Beim MASK Befehl werden die Daten in ein Latch 1008 übernommen und dort gespeichert. Diese Daten stehen dann über die Verbindung A (1013) der in Fig. 7/7a beschriebenen Steuerung bereit und maskieren dort alle Triggereingänge von denen kein Triggerimpuls übernommen werden soll.

- Bei einem WAIT Befehl wird so oft auf ein Ereignis gewartet, wie in den Daten-Bits angegeben. Wird von der Zustandsmaschine 1011 dieser Befehl registriert, so gibt sie einen Impuls an den Wartezyklus-Zähler 1009, der die Daten übernimmt. Der Wartezyklus-Zähler zählt nun bei jedem von der Zustandsmaschine 1011 weitergeleiteten Ereignis eine Stelle nach unten. Sobald er auf null gezählt hat wird das Carry Flag gesetzt und zur Zustandsmaschine 1011 geleitet (1023). Durch das Carry Flag läuft die Zustandsmaschine danach weiter.

- Bei einem WAIT-Goto Befehl werden die Daten, welche die Anzahl der Wait-Ereignisse angeben in den Wartezyklus-Zähler übernommen. Nach dem Eintreffen der Anzahl der in den Daten angegebenen Ereignissen aktiviert die Zustandsmaschine das Tor 1007 und leitet die Daten für die Sprungposition in den gewählten Zähler weiter.

Der SWAP Befehl dient zum Tausch zweier Einträge zwischen zwei Positionen des Ringspeichers. In Latch 1017 wird die Adresse des ersten zu tauschenden Eintrages gespeichert, in Latch 1018 die Adresse des 2. Eintrages. Die Adressen werden an die Multiplexer 1015 und 1016 der Schreib-/Lesezeiger weitergeleitet. Zunächst wird über 1016 der Eintrag 1 selektiert und in das Latch 1019 gespeichert, danach wird über 1016 der Eintrag 2 selektiert und in 1020 gespeichert. Über 1015 wird der Schreibzeiger auf den 1. Eintrag gesetzt und über Tor 1022 die ehemaligen Daten von Eintrag 2 gespeichert. Danach wird über 1015 wird der Schreibzeiger auf den 2. Eintrag gesetzt und über Tor 1021 die ehemaligen Daten von Eintrag 1 gespeichert.

Die Zustandsmaschine 1011 sendet über 1014 Rückmeldungen an die Lade-logik (z. B. über eine State-Back-UNIT vgl. PACT02). Über diese Verbindung gibt die Zustandsmaschine ein Signal, sobald ein L.L.Back Befehl registriert wird.

- Das Bit 1, das als run Flag dient, wird zur Taktgenerierung der Steuerung geleitet, die in Fig. 8 beschrieben wird.

- Der NOP Befehl wird in der Zustandsmaschine registriert, es wird jedoch keine Operation durchgeführt.

Fig. 11 zeigt die Verarbeitung eines im Ringspeicher gespeicherten Datenwortes. 1101 entspricht 1001 der Fig. 10.

Da es sich um ein Datenwort handelt ist das Bit 0 auf eins gesetzt. Der Befehlsdekode 1107 erkennt, daß es sich um ein Datenwort handelt und schickt eine Anfrage 1106 an die in den Bits 2...6 adressierte Zelle, ob eine Umkonfigurierung möglich ist. Das Abschicken der Anfrage geschieht gleichzeitig mit dem aktivieren des Tors 1102 wodurch die Adresse der Zelle übertragen wird. Die Zelle zeigt über 1105 ob eine Umkonfigurierung möglich ist. Wenn ja, Tor 1103 um die Konfigurationsdaten an die Zelle zu übertragen. Wenn keine Umkonfigurierung möglich ist läuft die Verarbeitung weiter und im nächsten Umlauf im Ringspeicher wird die Umkonfiguration erneut versucht. Eine andere Möglichkeit des Ablauf sieht folgendermaßen aus. Die Zustandsmaschine aktiviert Tor 1102 und 1103 und überträgt die Daten zur adressierten Zelle. Ist eine Umkonfigurierung der Zelle möglich, quittiert die Zelle über 1105 den Empfang der Daten. Ist keine Umkonfigurierung möglich, schickt die Zelle kein Empfangssignal und im nächsten Umlauf des Ringspeichers wird die Umkonfigurierung erneut versucht.

Fig. 12 zeigt eine Gruppe (Funktionselement) (1202) von konfigurierbaren Elementen (1201). Die Daten gelangen über den Eingangsbus (1204) in das Funktionselement und die Ergebnisse werden über den Ausgangsbus (1205) weitergeleitet. 1205 wird dabei unter anderem auf zwei Speicherbänke (1203) geleitet, von denen abwechselnd je einer als Schreib- oder Lesespeicher arbeitet. Deren Ausgänge sind auf den Eingangsbus (1204) geschaltet. Die gesamte Schaltung kann über einen Bus zu den Switching-Tabellen (1206) konfiguriert werden, dabei werden sowohl die Triggersignale zur Switching-Tabelle, als auch die Konfigurationsdaten von der Switching-Tabelle über diesen Bus übertragen. Dabei wird neben der Funktion des Funktionselementes der momentan aktive Schreib/Lesespeicher und die Speichertiefe des jeweiligen Speichers eingestellt.

Fig. 12a zeigt wie Daten von außen (1204), also einer anderen Funktionseinheit oder außerhalb des Bausteins, in dem Funktionselement (1202) berechnet werden und dann in den Schreibspeicher (1210) geschrieben werden.

Fig. 12b zeigt den nächsten Schritt nach Fig. 12a. Das Funktionselement (1202) und die Speicher (1220, 1221) wurden nach einem von dem Funktionselement oder den Speichern oder einer anderen Einheit generierten Trigger über 1206 umkonfiguriert. Der Schreibspeicher (1210) ist jetzt als Lesespeicher (1220) konfiguriert und liefert die Daten für das Funktionselement. Die Ergebnisse werden im Schreibspeicher (1221) gespeichert.

Fig. 12c zeigt den nächsten Schritt nach Fig. 12b. Das Funktionselement (1202) und die Speicher (1230, 1231) wurden nach einem von dem Funktionselement oder den Speichern oder einer anderen Einheit generierten Trigger über 1206 umkonfiguriert. Der Schreibspeicher (1221) ist jetzt als Lesespeicher (1230) konfiguriert und liefert die Daten für das Funktionselement. Die Ergebnisse werden im Schreibspeicher (1231) gespeichert. In diesem Beispiel werden zusätzliche Operanden von außen (1204), also einer anderen Funktionseinheit oder außerhalb des Bausteins, mit verrechnet.

Fig. 12d zeigt den nächsten Schritt nach Fig. 12c. Das Funktionselement (1202) und die Speicher (1203, 1240) wurden nach einem von dem Funktionselement oder den Speichern oder einer anderen Einheit generierten Trigger über 1206 umkonfiguriert. Der Schreibspeicher (1231) ist jetzt als Lesespeicher (1240) konfiguriert und liefert die Daten für das Funktionselement. Die Ergebnisse werden über den Ausgangsbus (1205) weitergeleitet.

Fig. 13 zeigt eine Schaltung nach Fig. 12, dabei ist anstatt der beiden Speicherbänke ein Speicher mit getrenntem

Schreib- und Lesezeiger eingesetzt (1301).

Fig. 14 zeigt den Speicher (1401) nach Fig. 13. 1402 ist der Lesepositionszeiger, der Eintrag vor dem Zeiger ist bereits gelesen oder frei (1405). Der Zeiger zeigt auf einen freien Eintrag. Hinter dem Lesepositionszeiger liegen Daten (1406), die noch gelesen werden müssen. Danach folgt Freiraum (1404) und bereits neu geschriebene Daten (1407). Der Schreibpositionszeiger (1403) zeigt auf einen freien Eintrag, der entweder leer ist oder schon gelesen wurde. Der Speicher kann als Ring-Speicher, wie bereits beschrieben, ausgestaltet sein.

Fig. 15 zeigt eine Schaltung nach Fig. 12, dabei sind die beiden Speicherbanke (1203) doppelt vorhanden. Dadurch können mehrere Ergebnisse gespeichert und danach zusammen verarbeitet werden.

Fig. 15a zeigt wie Daten von außen (1204), also einer anderen Funktionseinheit oder außerhalb des Bausteins, in dem Funktionselement (1202) berechnet werden und dann über den Bus 1511 in den Schreibspeicher (1510) geschrieben werden.

Fig. 15b zeigt den nächsten Schritt nach Fig. 15a. Das Funktionselement (1202) und die Speicher (1203, 1510, 1520) wurden nach einem von dem Funktionselement oder den Speichern oder einer anderen Einheit generierten Trigger über 1206 umkonfiguriert. Dabei werden Daten von außen (1204), also einer anderen Funktionseinheit oder außerhalb des Bausteins, in dem Funktionselement (1202) berechnet und dann über den Bus 1521 in den Schreibspeicher (1520) geschrieben.

Fig. 15c zeigt den nächsten Schritt nach Fig. 15b. Das Funktionselement (1202) und die Speicher (1203, 1530, 1531, 1532) wurden nach einem von dem Funktionselement oder den Speichern oder einer anderen Einheit generierten Trigger über 1206 umkonfiguriert. Der Schreibspeicher (1510, 1520) ist jetzt als Lesespeicher (1531, 1532) konfiguriert. Die Lesespeicher liefern mehrere Operanden gleichzeitig an die Funktionselemente (1202). Dabei ist jeder Lesespeicher (1531, 1532) mit je einem unabhängigen Bussystem (1534, 1535) mit 1202 verbunden. Die Ergebnisse werden entweder über 1533 im Schreibspeicher (1530) gespeichert oder über 1205 weitergeleitet.

6 Begriffsdefinition

ALU: Arithmetisch logische Einheit. Grundeinheit zum Verarbeiten von Daten. Die Einheit kann arithmetische Operationen wie Addition, Subtraktion, unter Umständen auch Multiplikation, Division, Reihenentwicklungen usw. durchführen. Dabei kann die Einheit als ganzzahlige (integer) Einheit oder als Fließkomma-(floating-point)-Einheit gestaltet sein. Ebenfalls kann die Einheit logische Operationen, wie UND, ODER, sowie Vergleiche durchführen.

Datenwort: Ein Datenwort besteht aus einer beliebig langen Bit-Reihe. Diese Bit-Reihe stellt eine Verarbeitungseinheit für eine Anlage dar. In einem Datenwort können sowohl Befehle für Prozessoren o. ä. Bausteine sowie rein Daten kodiert werden.

DFFP: Datenflußprozessor nach Patent/Offenlegung DE 44 16 881.

DPGA: Dynamisch konfigurierbare FPGAs. Stand der Technik.

D-FlipFlop: Speicherelement, welches ein Signal bei der steigenden Flanke eines Taktes speichert.

EALU: Erweiterte arithmetisch logische Einheit. ALU, die um Sonderfunktionen, die zum Betrieb einer Datenverarbeitungseinrichtung gemäß DE 441 16 881 A1 benötigt werden oder sinnvoll sind erweitert wurde. Dies sind insbesondere Zähler.

Elemente: Sammelbegriff für alle Arten von in sich abgeschlossenen Einheiten, welche als Stück in einem elektronischen Baustein zum Einsatz kommen können. Elemente sind also:

- Konfigurierbare Zellen aller Art
- Cluster
- RAM-Blöcke
- Logik
- Rechenwerke
- Register
- Multiplexer
- I/O Pins eines Chips

15 Ereignis: Ein Ereignis kann durch ein Hardwareelement in irgendeiner zur Anwendung passenden Art und Weise ausgewertet werden und als Reaktion auf diese Auswertung eine bedingte Aktion auslösen. Ereignisse sind somit zum Beispiel:

- Taktzyklus einer Rechenanlage.
- internes oder externes Interrupt-Signal.
- Trigger-Signal von anderen Elementen innerhalb des Bausteins.
- Vergleich eines Datenstroms und/oder eines Befehlsstroms mit einem Wert.
- Input/Output Ereignisse.
- Ablaufen, überlaufen, neusetzen etc. eines Zählers.
- Auswerten eines Vergleichs.

Flag: (Fahne). Statusbit in einem Register, das einen Zustand anzeigt.

FPGA: Programmierbarer Logikbaustein. Stand der Technik.

35 Gatter: Gruppe von Transistoren, die eine logische Grundfunktion durchführen. Grundfunktionen sind z. B. NAND, NOR, Transmission-Gates.

konfigurierbares Element: Ein konfigurierbares Element stellt eine Einheit eines Logik-Bausteins dar, welche durch ein Konfigurationswort für eine spezielle Funktion eingestellt werden kann. Konfigurierbare Elemente sind somit, alle Arten von RAM-Zellen, Multiplexer, Arithmetische logische Einheiten, Register und alle Arten von interner und externer Vernetzungsbeschreibung etc.

45 Konfigurieren: Einstellen der Funktion und Vernetzung einer logischen Einheit, einer (FPGA)-Zelle oder einer PAE (vgl. umkonfigurieren).

Konfigurationsdaten: Beliebige Menge von Konfigurationsworten.

50 Konfigurationsspeicher: Der Konfigurationsspeicher enthält ein oder mehrere Konfigurationsworte.

Konfigurationswort: Ein Konfigurationswort besteht aus einer beliebig langen Bit-Reihe. Diese Bit-Reihe stellt eine gültige Einstellung für das zu konfigurierende Element dar, so das eine funktionsfähige Einheit entsteht.

55 Ladelogik: Einheit zum Konfigurieren und Umkonfigurieren der PAE. Ausgestaltet durch einen speziell an seine Aufgabe angepaßten Mikrokontroller.

Latch: Speicherelement, das ein Signal für gewöhnlich während des H-Pegels transparent weiterleitet und während des L-Pegels speichert. In PAEs werden teilweise Latches gebraucht, bei denen die Funktion der Pegel genau umgekehrt ist. Hierbei wird vor den Takt eines üblichen Latch ein Inverter geschaltet.

65 Lese-Positionszeiger: Adresse des momentan aktuellen Eintrags für Leseszugriffe innerhalb eines FIFOs oder Ringspeichers.

Logikzellen: Bei DFFPs, FPGAs, DPGAs verwendete konfi-

gürbare Zellen, die einfache logische oder arithmetische Aufgaben gemäß ihrer Konfiguration erfüllen.

Oversampling: Ein Takt läuft mit mehrfacher Frequenz eines Grundtaktes, synchron zu selbigem. Der schnellere Takt wird meistens durch einen PLL generiert.

PLL: (Phase Locked Loop) Einheit zur Taktvervielfachung auf Basis eines Grundtaktes.

PLU: Einheit zum Konfigurieren und Umkonfigurieren der PAE. Ausgestaltet durch einen speziell an seine Aufgabe angepaßten Mikrokontroller.

Ringspeicher: Speicher mit eigenem Schreib-/Lesepositionszeiger, der – am Ende des Speichers angelangt – sich auf den Anfang des Speichers plaziert. Dadurch entsteht ein Endlosspeicher in Form eines Ringes.

RS-FlipFlop: Reset-/Set-FlipFlop. Speicherelement, das durch 2 Signale umgeschaltet werden kann.

Schreib-Positionszeiger: Adresse des momentan aktuellen Eintrags für Schreibzugriffe innerhalb eines FIFOs oder Ringspeichers.

StateBack-UNIT: Einheit, die die Rückmeldung der Statussignale an die PLU steuert. Bestehend aus einem Multiplexer und einer Open-Kollektor-Bustreiberstufe.

Switching-Tabelle: Eine Switching-Tabelle ist ein Ring-Speicher, welcher durch eine Steuerung angesprochen wird. Die Einträge einer Switching-Tabelle können beliebige Konfigurationswörter aufnehmen. Die Steuerung kann Befehle durchführen. Die Switching-Tabelle reagiert auf Triggersignale und konfiguriert konfigurierbare Elemente anhand eines Eintrages in einem Ringspeicher um.

Tor: Schalter, der ein Signal weiterleitet oder sperrt. Einfacher Vergleich: Relais.

Umkonfigurieren: Neues Konfigurieren von einer beliebigen Menge von PAEs während eine beliebige Restmenge von PAEs ihre eigenen Funktionen fortsetzen (vgl. konfigurieren).

Verarbeitungszyklus: Ein Verarbeitungszyklus beschreibt die Dauer, welche von einer Einheit benötigt wird, um von einem definierten und/oder gültigen Zustand in den nächsten definierten und/oder gültigen Zustand, zu gelangen.

Zustandsmaschine: Logik, die diversen Zuständen annehmen kann. Die Übergänge zwischen den Zuständen sind von verschiedenen Eingangsparametern abhängig. Diese Maschinen werden zur Steuerung komplexer Funktionen eingesetzt und entsprechen dem Stand der Technik.

7 Konventionen

7.1 Namenskonvention

| | |
|---------------------------|---------|
| Baugruppe | -UNIT |
| Betriebsart | -MODE |
| Multiplexer | -MUX |
| Negiertes Signal | not- |
| Register für PLU sichtbar | -PLUREG |
| Register intern | -REG |
| Schieberegister | -sft |

7.2 Funktionskonvention

Schieberegisters sft

UND-Funktion &

| A | B | Q |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

ODER-Funktion #

| A | B | Q |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

NICHT-Funktion

| A | Q |
|---|---|
| 0 | 1 |
| 1 | 0 |

TOR-Funktion G

| EN | D | Q |
|----|---|---|
| 0 | 0 | - |
| 0 | 1 | - |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

Patentansprüche

1. Verfahren zur dynamischen Umkonfiguration von konfigurierbarer Bausteinen, mit einer zwei oder mehrdimensionalen Zellanordnung (zum Beispiel FPGAs, DPGAs, DFTs o. ä.), **dadurch gekennzeichnet**, daß
 1. ein oder mehrere Switching-Tabellen, bestehen aus einer oder mehrerer Steuerungen und einem oder mehrerer Konfigurationsspeicher, auf dem Baustein existieren, oder an diesen angeschlossen werden,
 2. Konfigurationsworte von einer Switching-Tabelle an ein konfigurierbares Element oder mehrere konfigurierbare Elemente des Bausteins oder der Bausteine übertragen werden, welche eine gültige Konfiguration einstellen,
 3. die Ladelogik oder die konfigurierbaren Elemente des Bausteins oder der Bausteine, Daten in den oder die Konfigurationsspeicher des oder der Switching-Tabelle schreiben können,
 4. die Steuerung des oder der Switching-Tabellen, einzelne Einträge als Befehle erkennen und

- diese Befehle ausführen kann,
5. die Steuerung verschiedene Ereignisse erkennen und unterscheiden kann und daraufhin eine definierte Aktion durchführt,
6. die Steuerung als Reaktion auf das Eintreffen eines Ereignisses oder einer Kombination von Ereignissen, den oder die Positionszeiger bewegt und, falls es sich um Konfigurationsdaten und nicht um Befehle für die Steuerung handelt, diese Konfigurationsdaten an die, in das oder die in den Konfigurationsdaten angegebenen konfigurierbaren Elemente schickt,
7. die Steuerung ein oder mehrere Rückmeldungen an eine oder mehrere Ladelogiken senden kann,
8. eine Ladelogik mehrere Ladelogiken dieses oder diese Signale erkennen und auswerten kann,
9. eine Ladelogik Daten in die Konfigurationsspeicher des oder der Switching-Tabellen überträgt.
2. Verfahren zur Verarbeitung von Daten in konfigurierbaren Bausteinen, mit einer zwei oder mehrdimensionalen Zellanordnung (zum Beispiel FPGAs, DPGAs, DTPs o. ä.) dadurch gekennzeichnet, daß
1. einer oder einer Gruppe von konfigurierbaren Elementen (Funktionselement) ein Speicher zugeordnet ist, in dem die Ergebnisdaten zwischengespeichert werden,
 2. eine Switching-Tabelle oder Ladelogik ein Triggersignal erhält, sobald alle Ergebnisse berechnet sind,
 3. das Funktionselement daraufhin von einer Switching-Tabelle oder Ladelogik umkonfiguriert wird,
 4. der Speicher daraufhin von einer Switching-Tabelle oder Ladelogik umkonfiguriert wird,
 5. die Daten des Speichers in das Funktionselement geladen werden und erneut verarbeitet werden,
 6. dabei auch Daten neu von weiteren Funktionselementen hinzukommen können,
 7. dabei auch Daten neu von weiteren Speichern hinzukommen können,
 8. das Ergebnis an weitere Funktionselemente, einen anderen oder denselben Speicher geführt werden kann,
 9. dieser Ablauf einmal oder mehrmals wiederholt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Speicher als FIFO ausgestaltet ist und als Triggersignale das FullFlag verwendet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der mehrere Speicherbanke existieren, die abwechselnd als Schreib- oder Lesespeicher arbeiten.
5. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Speicher ein Ringpuffer ist.
6. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Tiefe des Speichers konfigurierbar ist.
7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Switching-Tabelle einen oder mehrere Lese-Positionszeiger enthält.
8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Switching-Tabelle einen oder mehrere Schreib-Positionszeiger enthält.
9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der oder die Positionszeiger vorwärts, rückwärts oder auf einen beliebigen Eintrag innerhalb des Konfigurationsspeichers der Switching-Tabelle bewegt

werden können.

10. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß nicht alle Einträge des Konfigurationsspeichers verwendet werden.

11. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Rückmeldemöglichkeit der Tabellensteuerung an eine Ladelogik besteht.

Hierzu 18 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

THIS PAGE BLANK (USPTO)

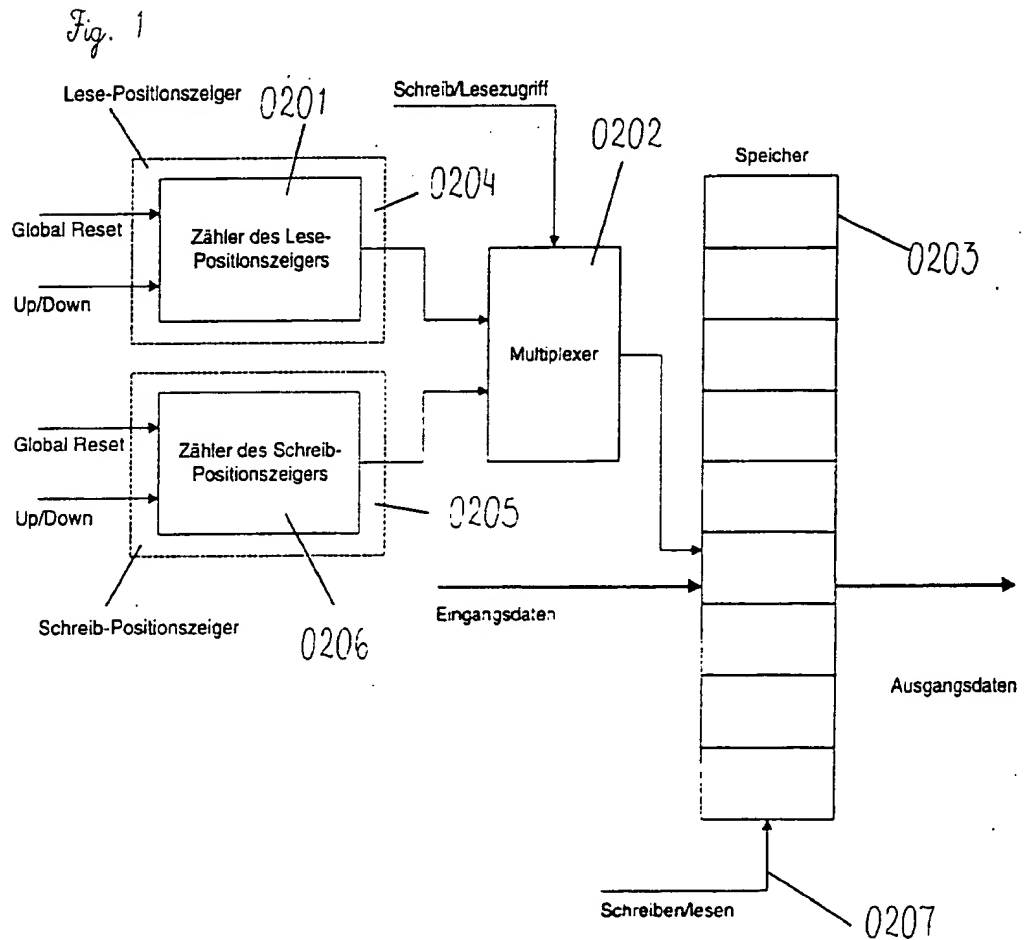
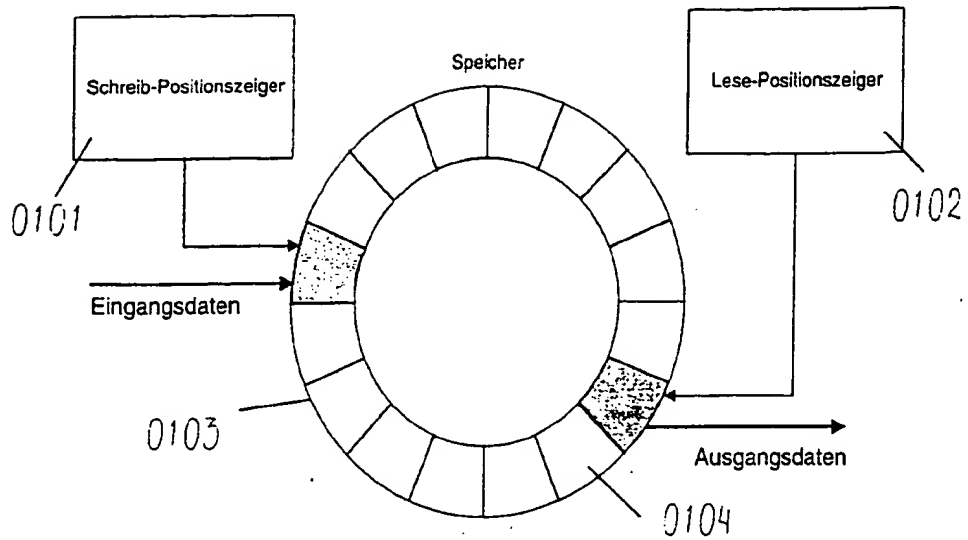


Fig. 2

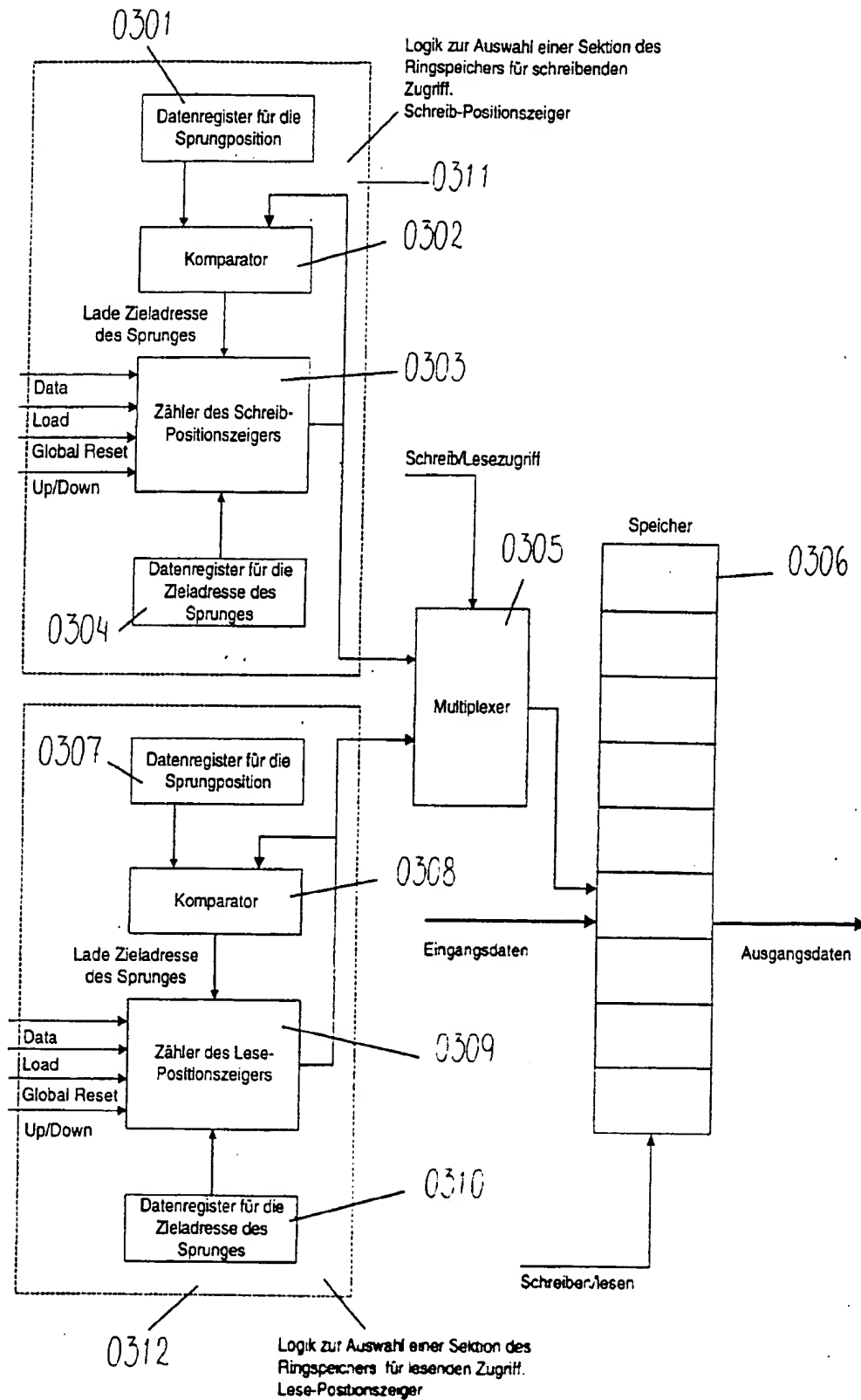


Fig. 3

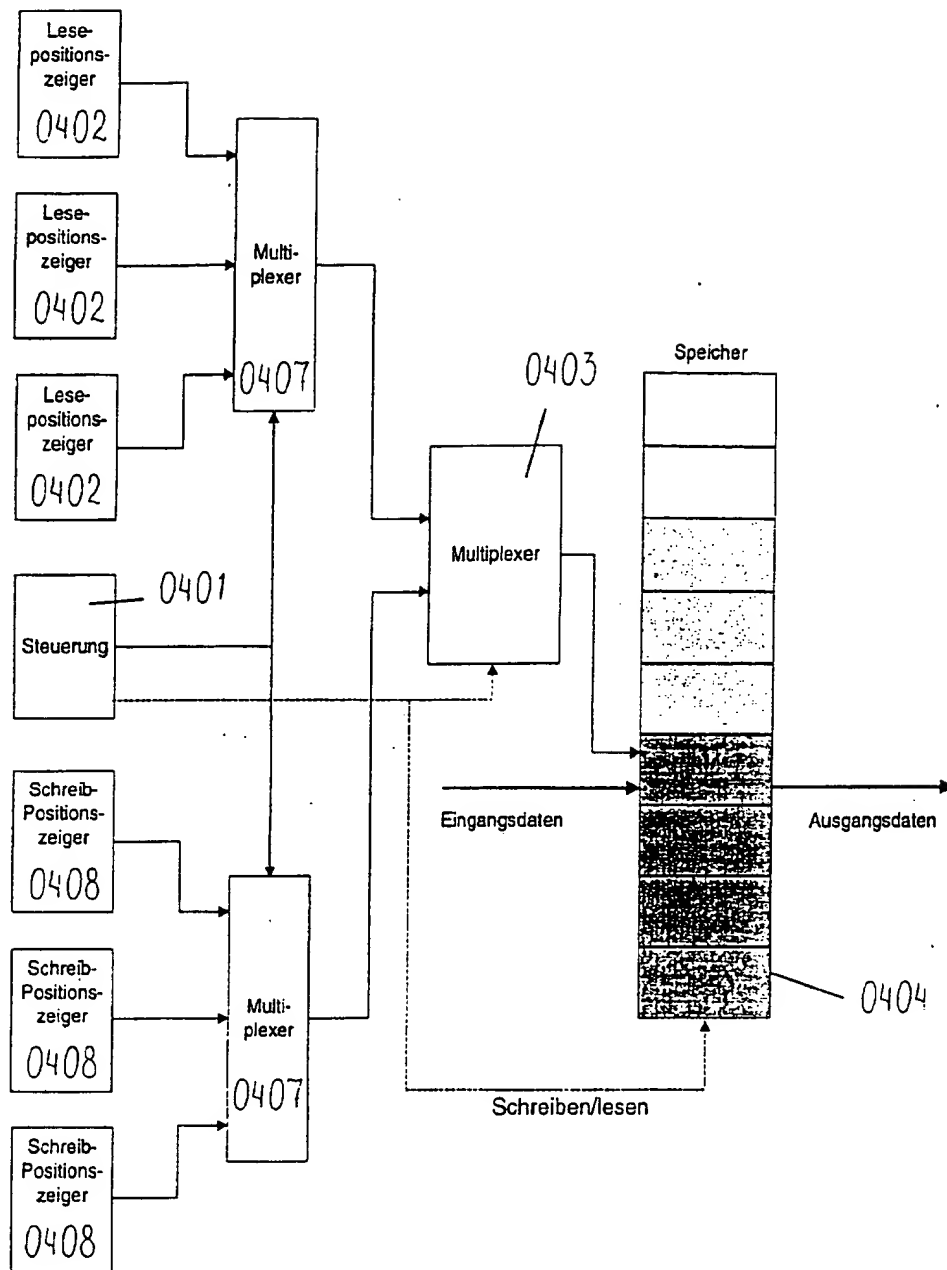


Fig. 4

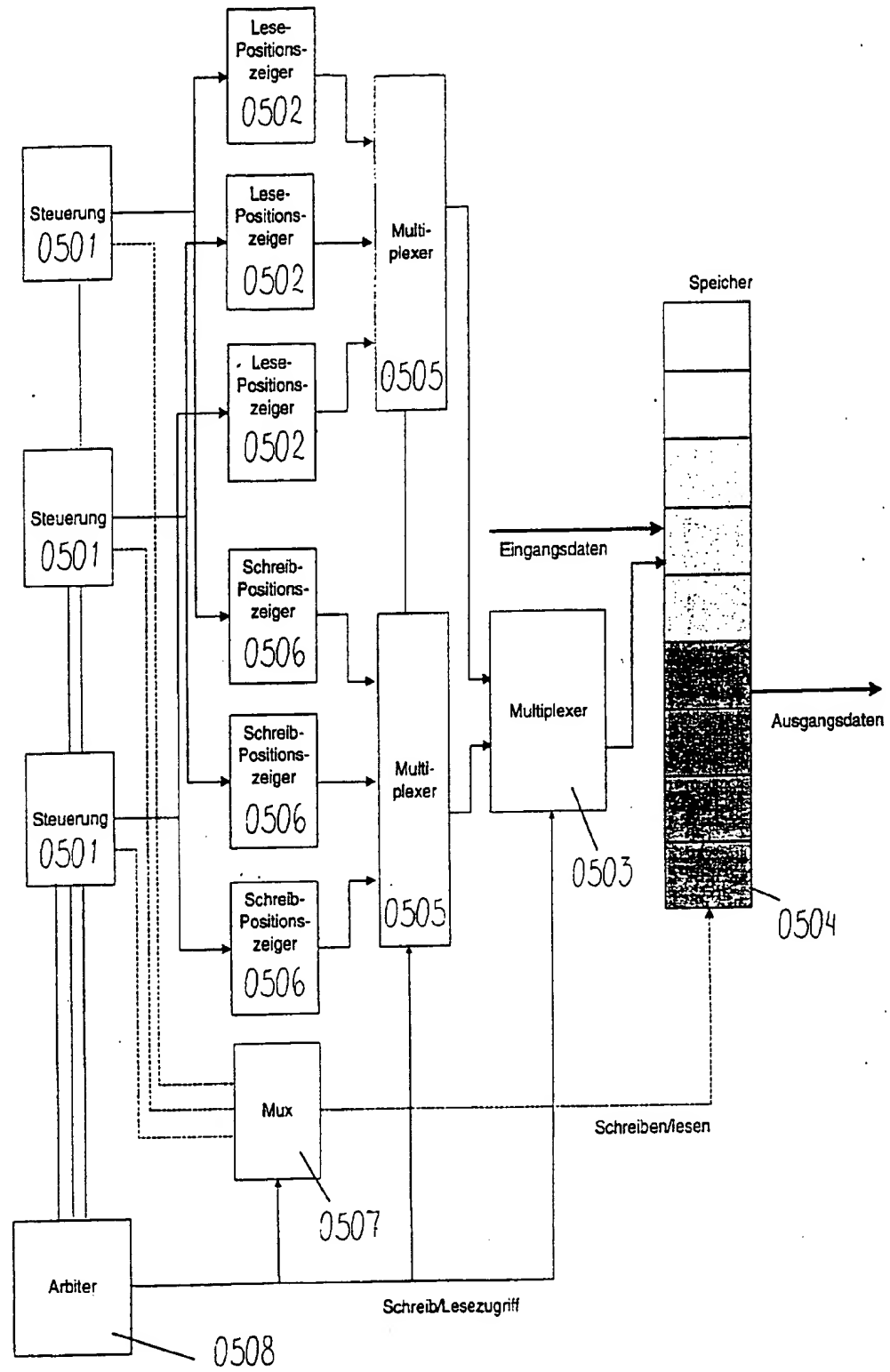


Fig. 5

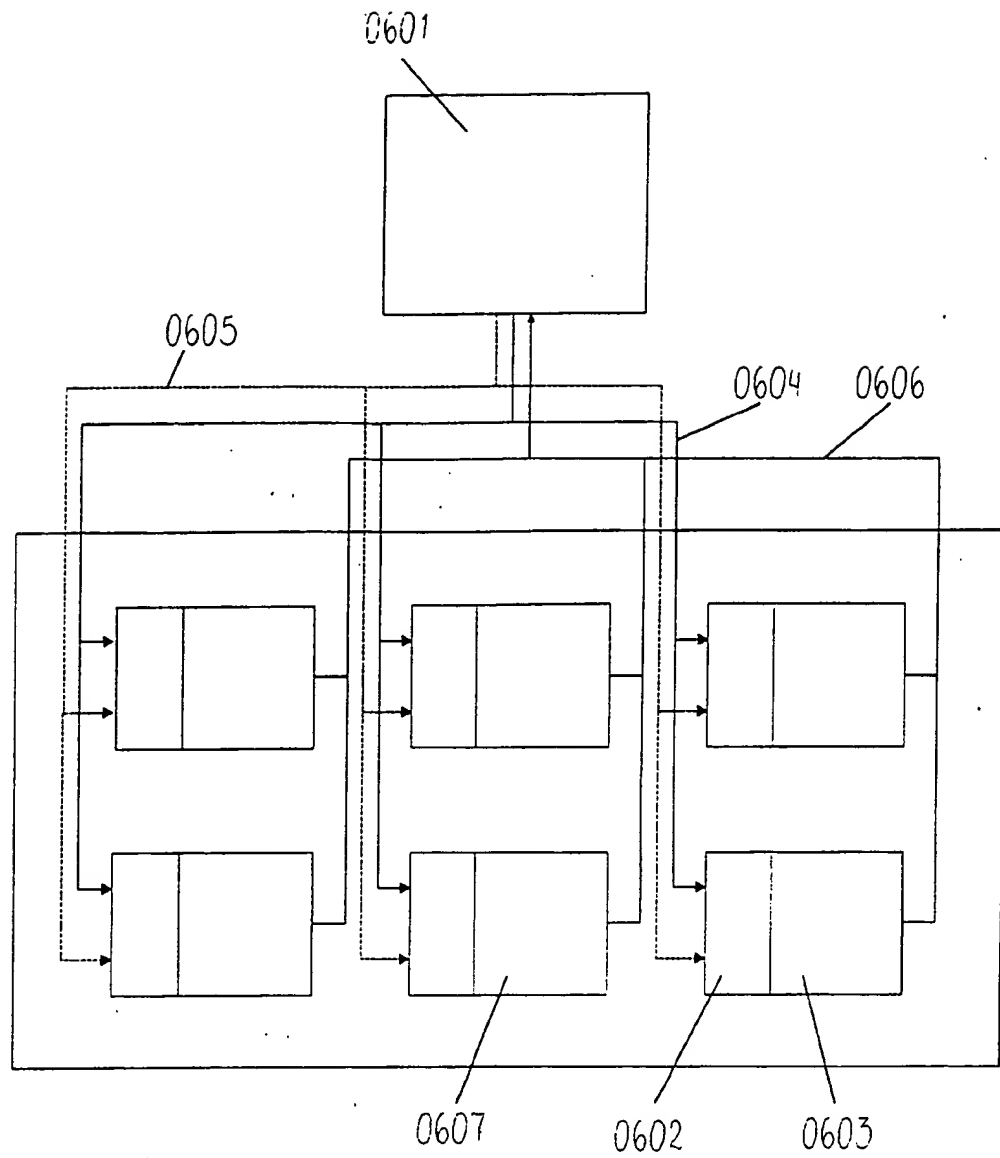


Fig. 6

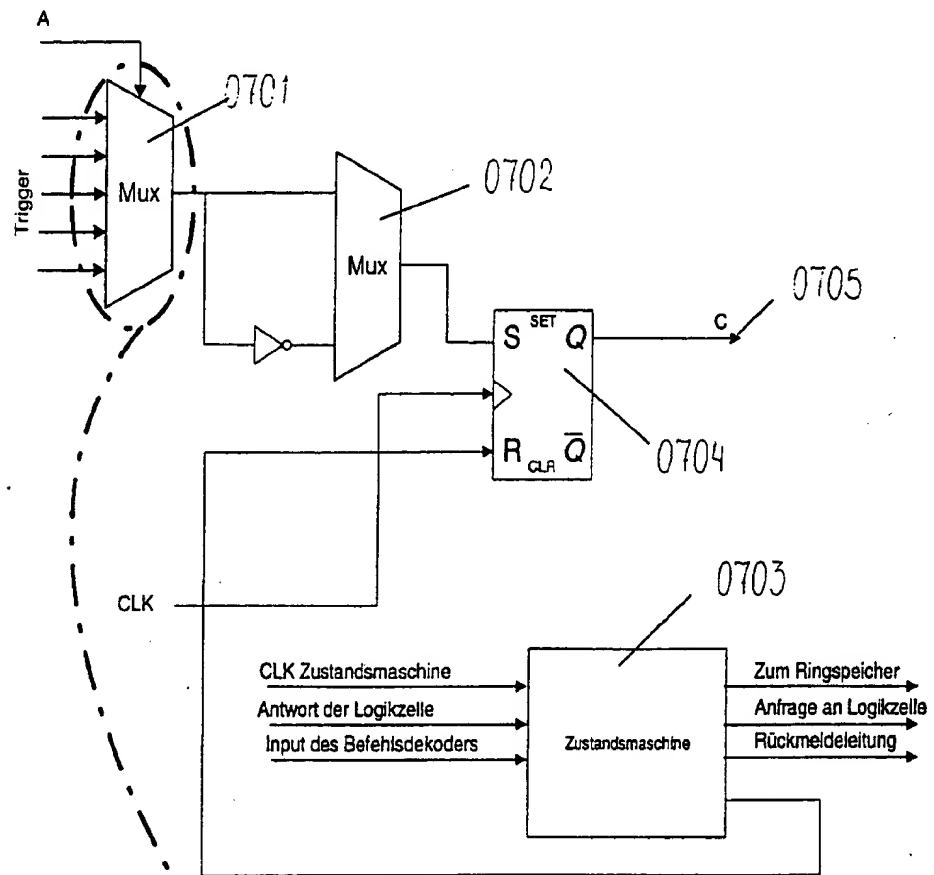


Fig. 7

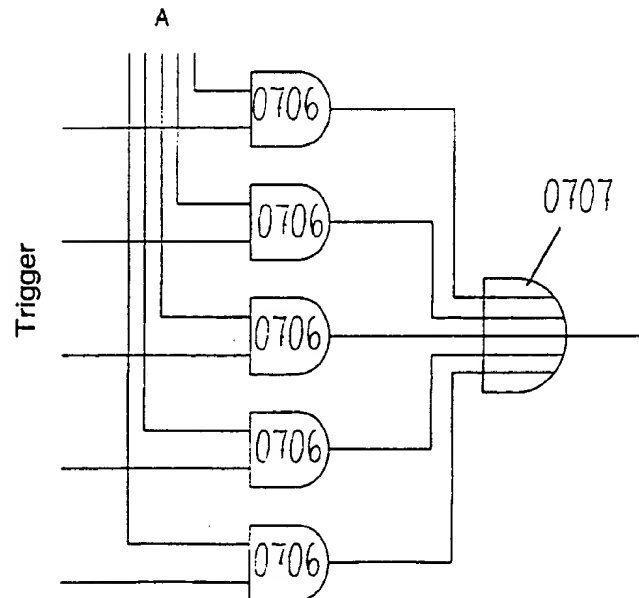


Fig. 7a

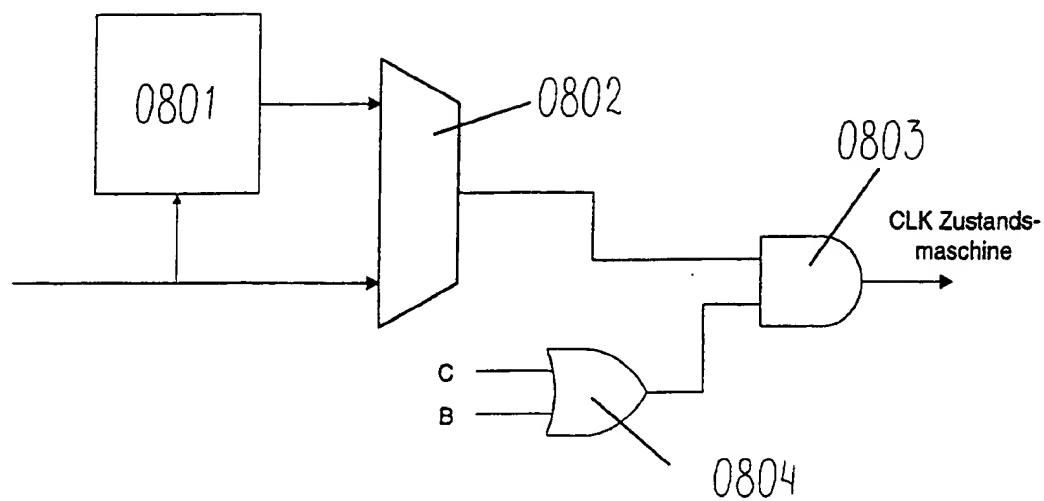


Fig. 8

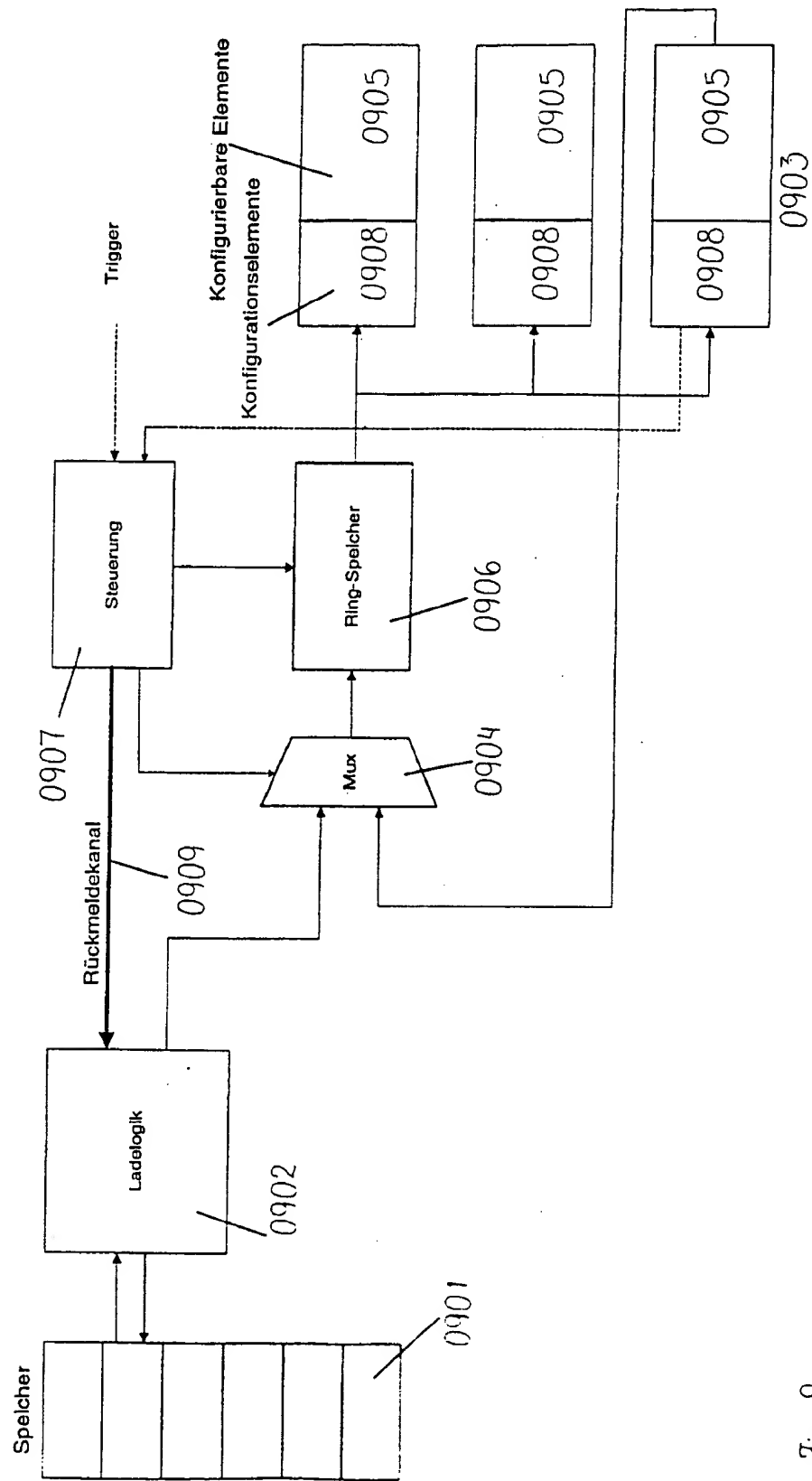


Fig. 9

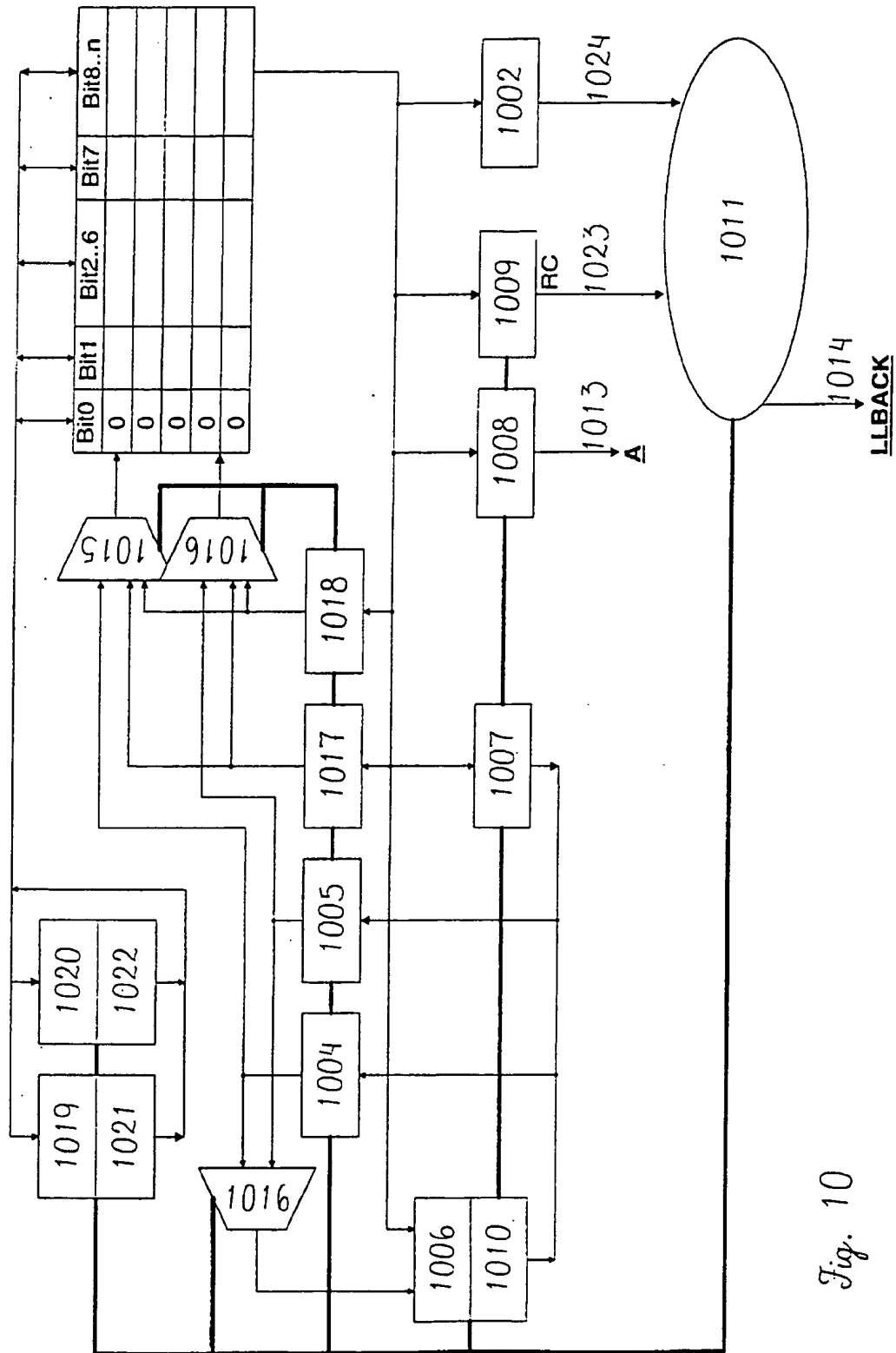


Fig. 10

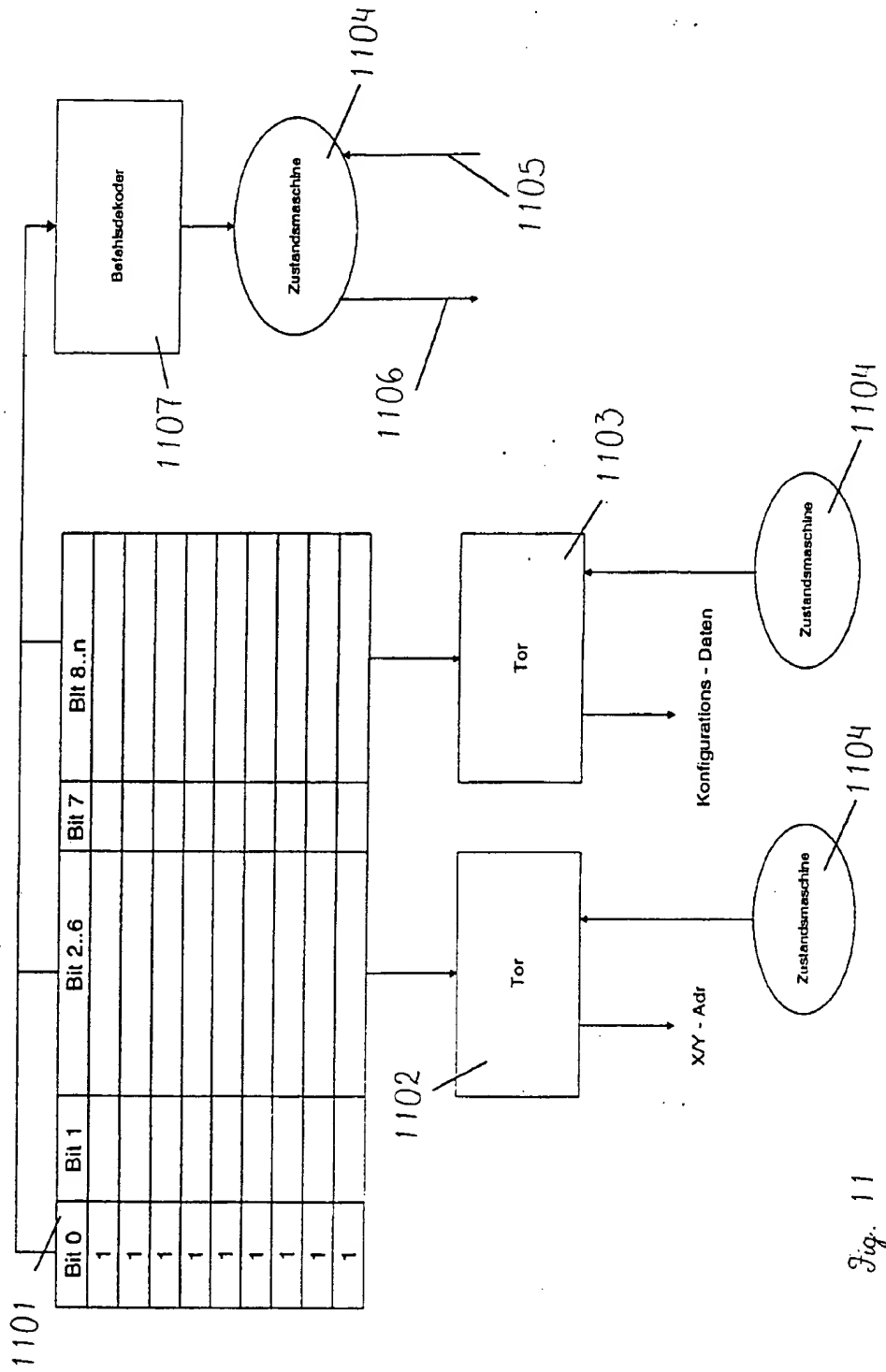


Fig. 11

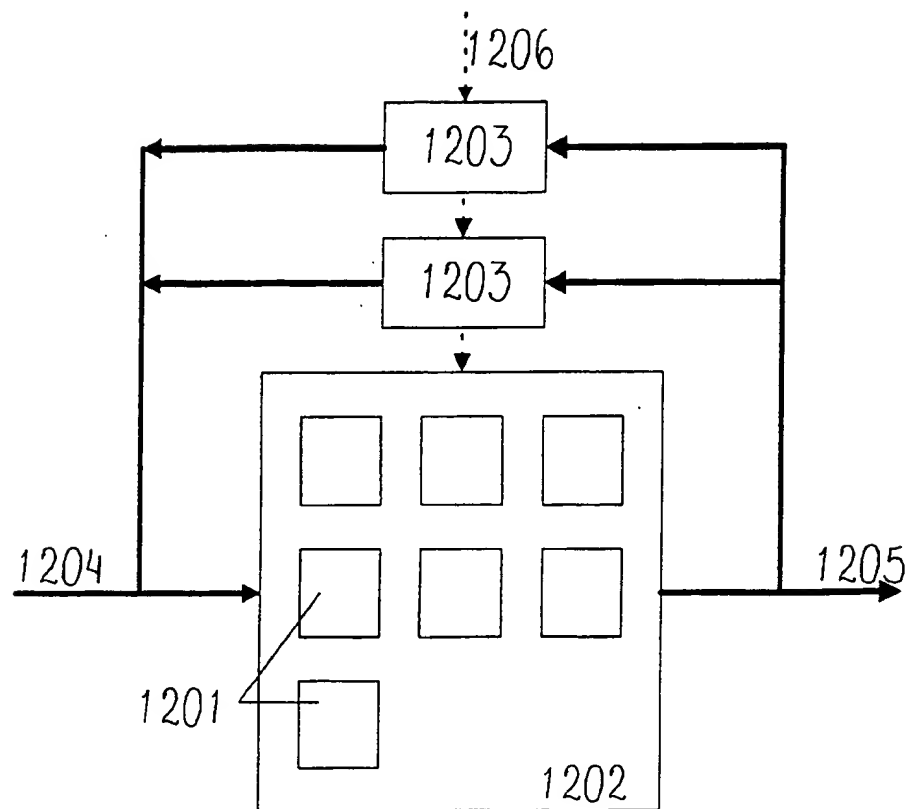


Fig. 12

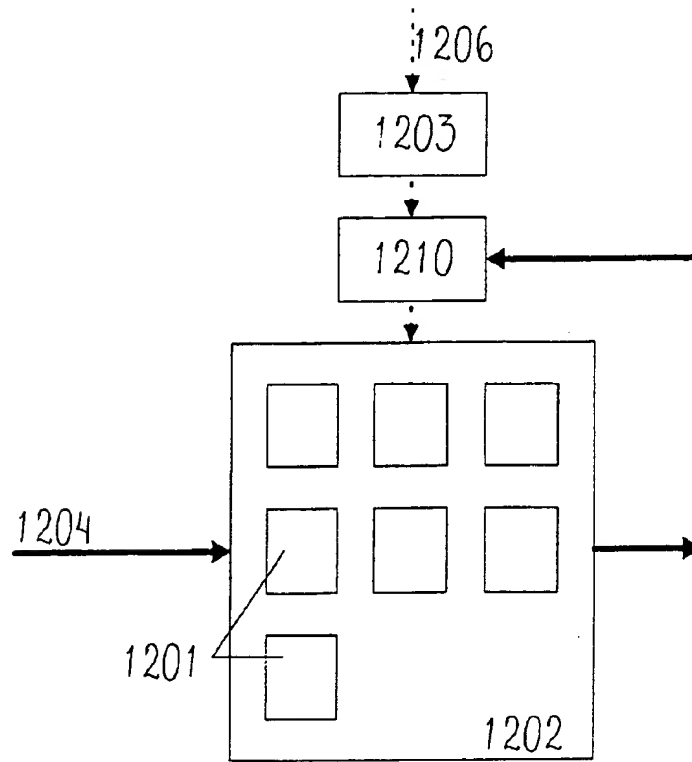


Fig. 12a

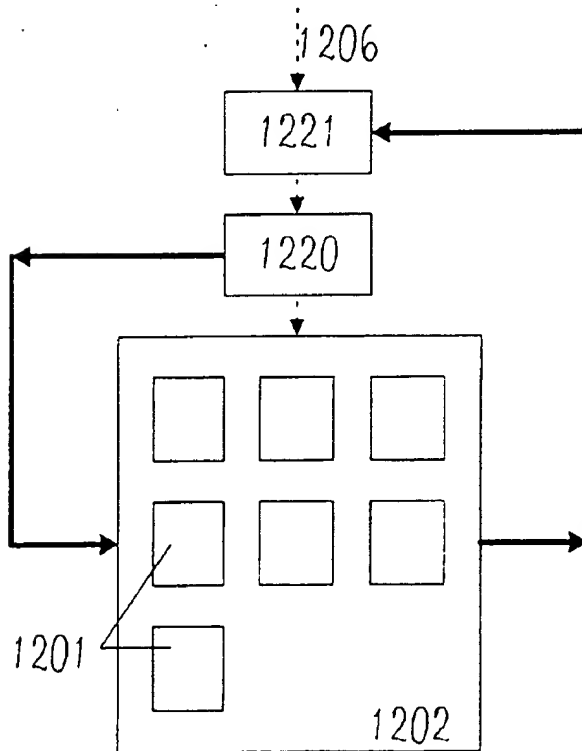


Fig. 12b

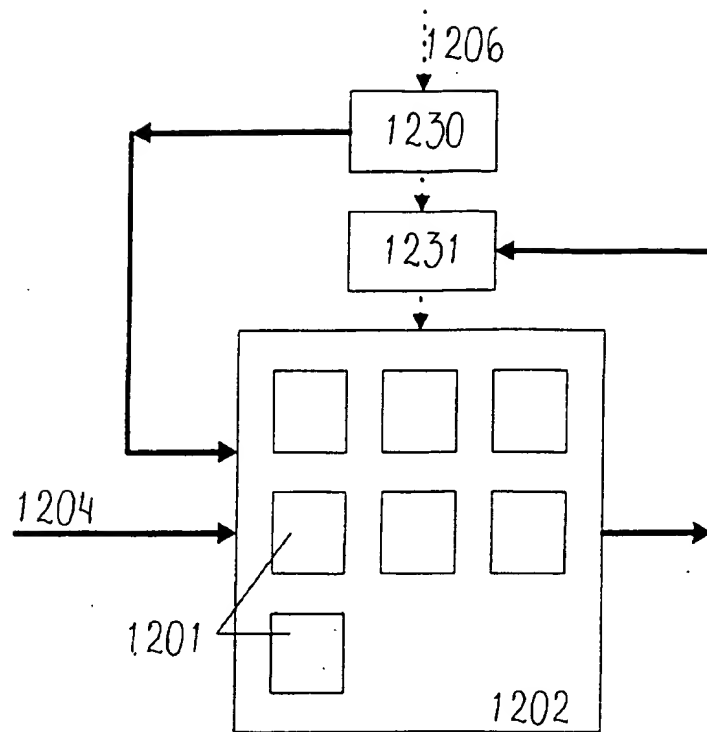


Fig. 12c

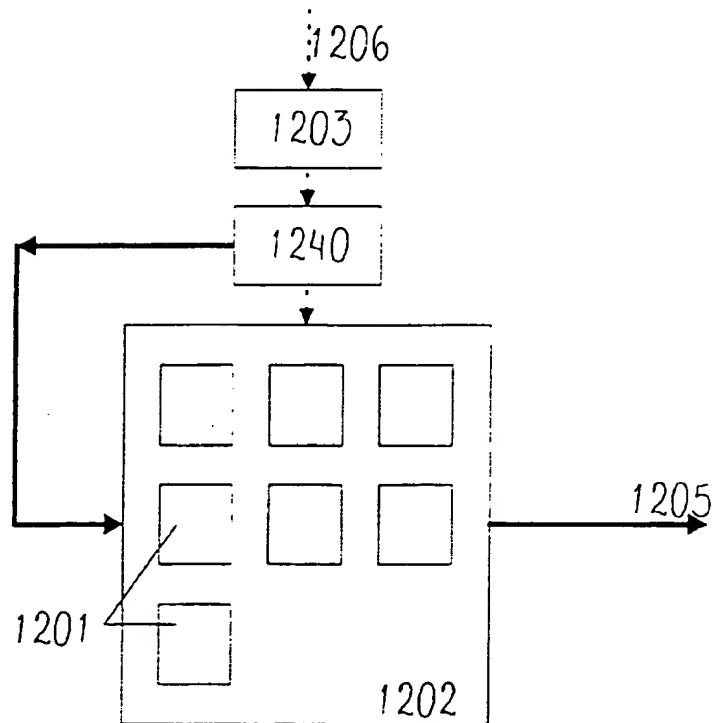


Fig. 12d

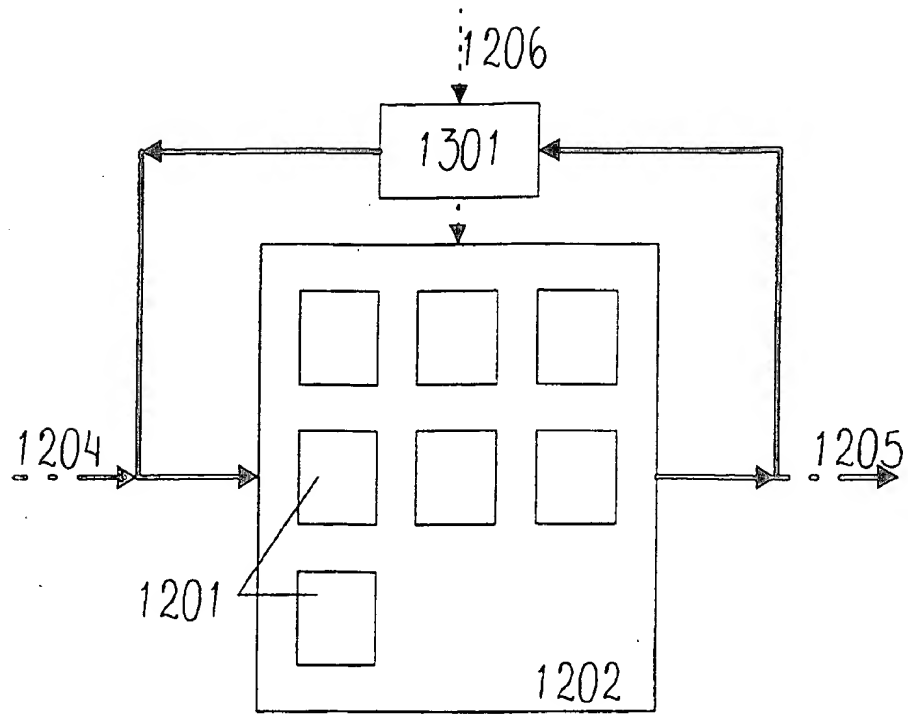


Fig. 13

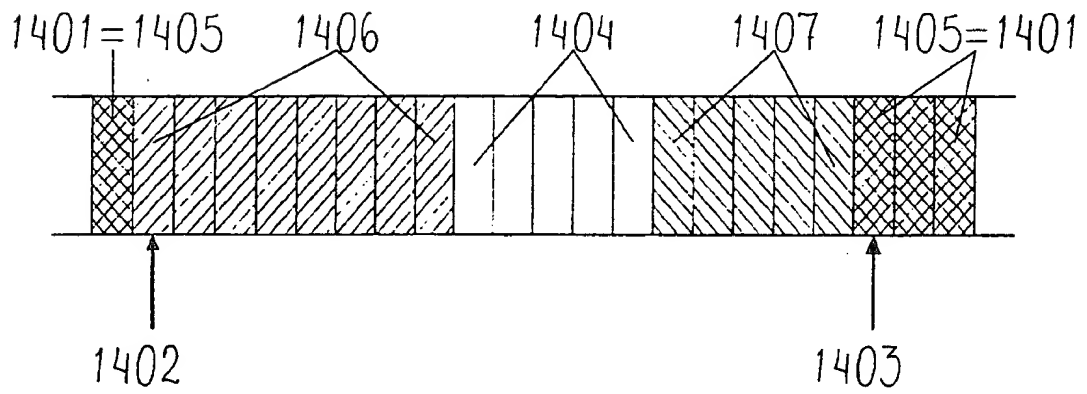


Fig. 14

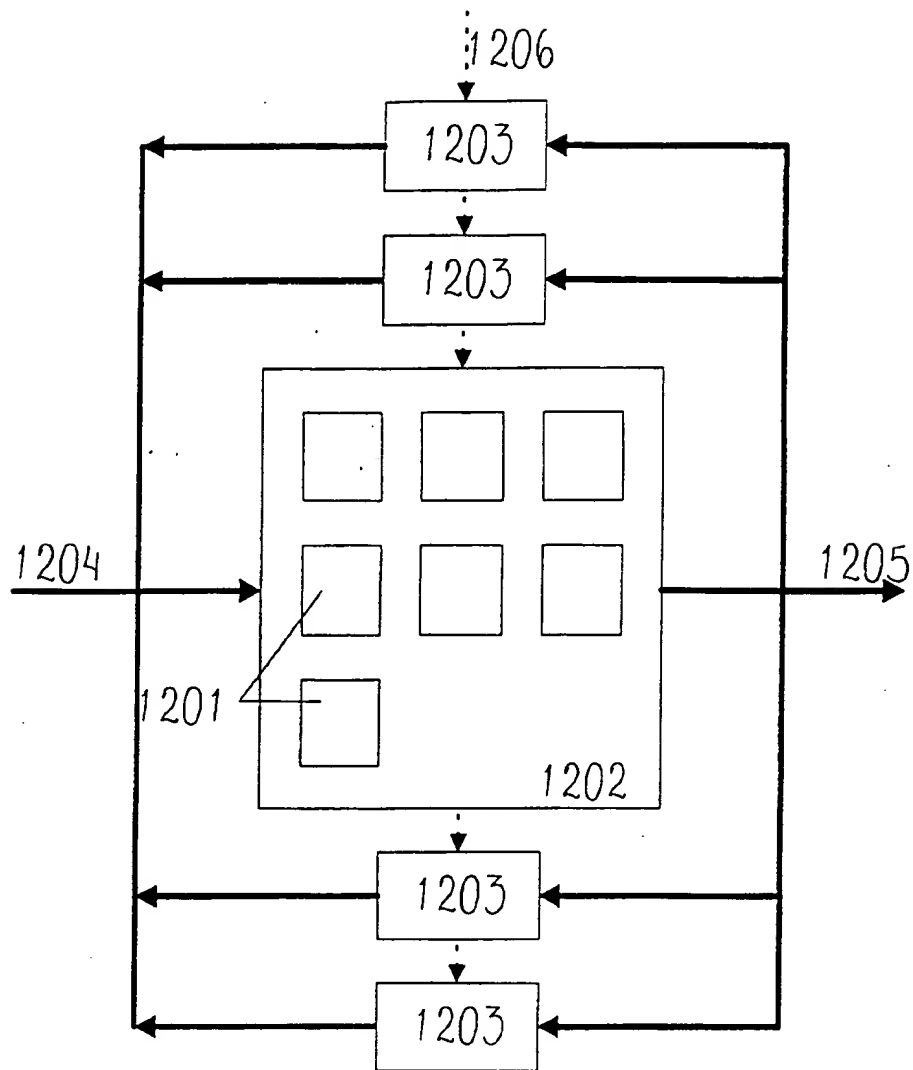


Fig. 15

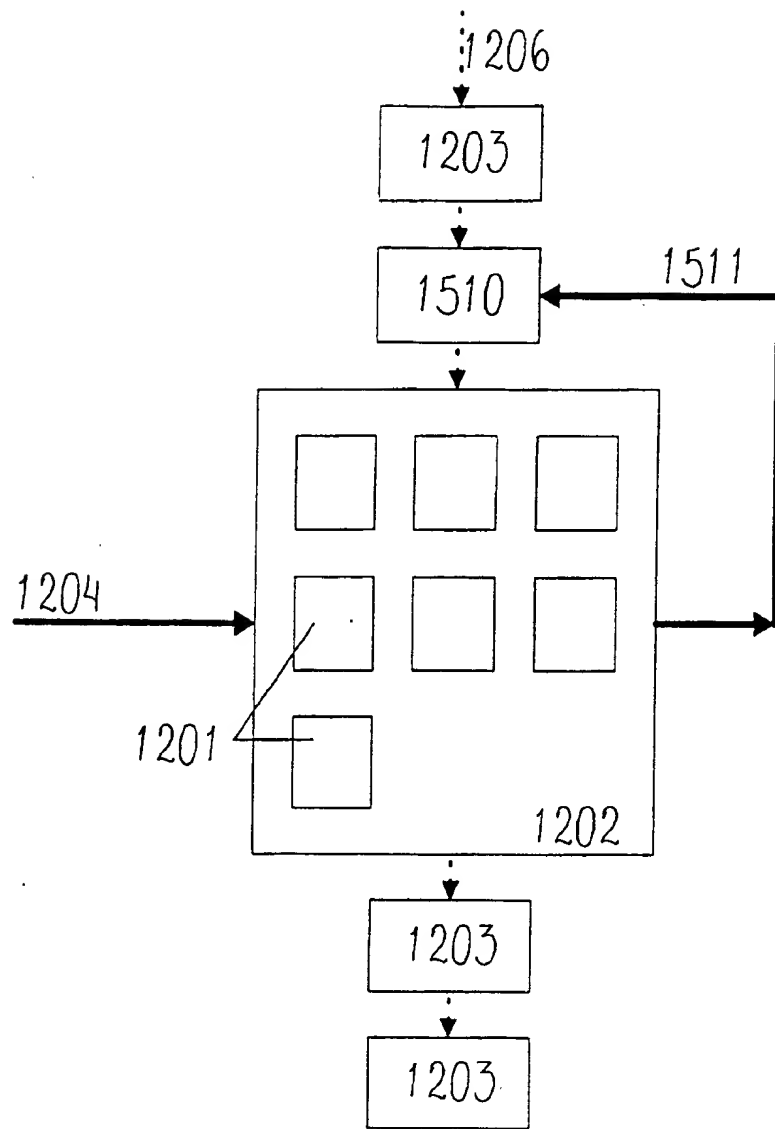


Fig. 15a

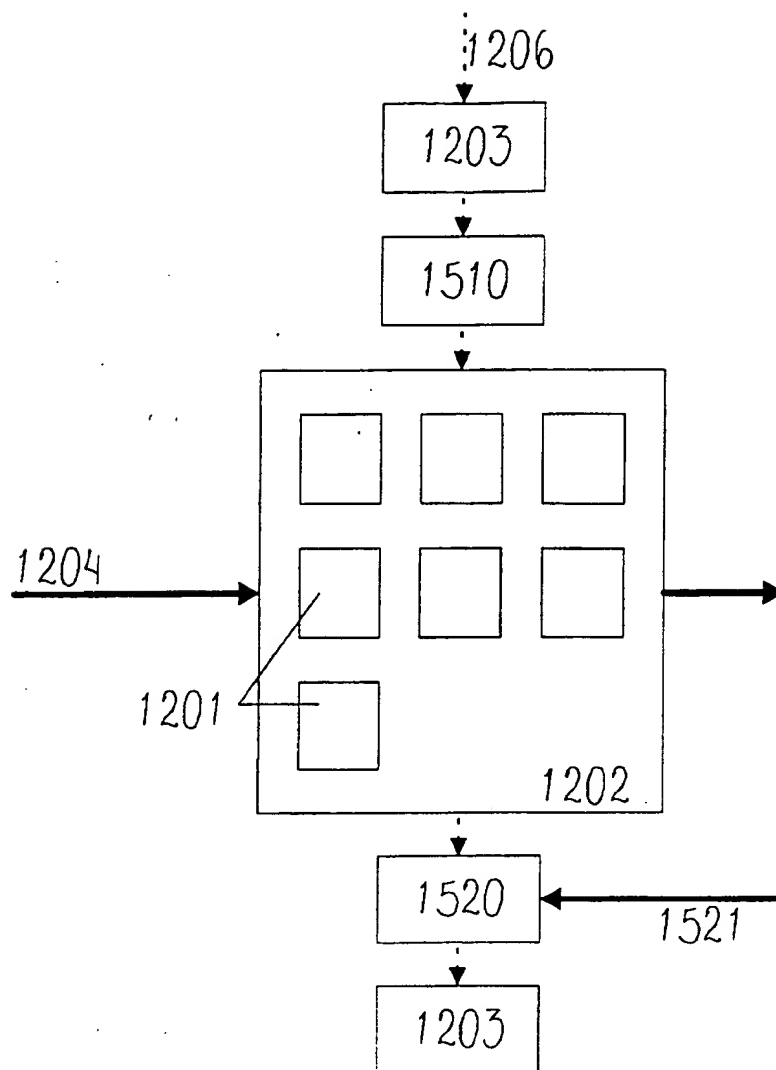


Fig. 15b

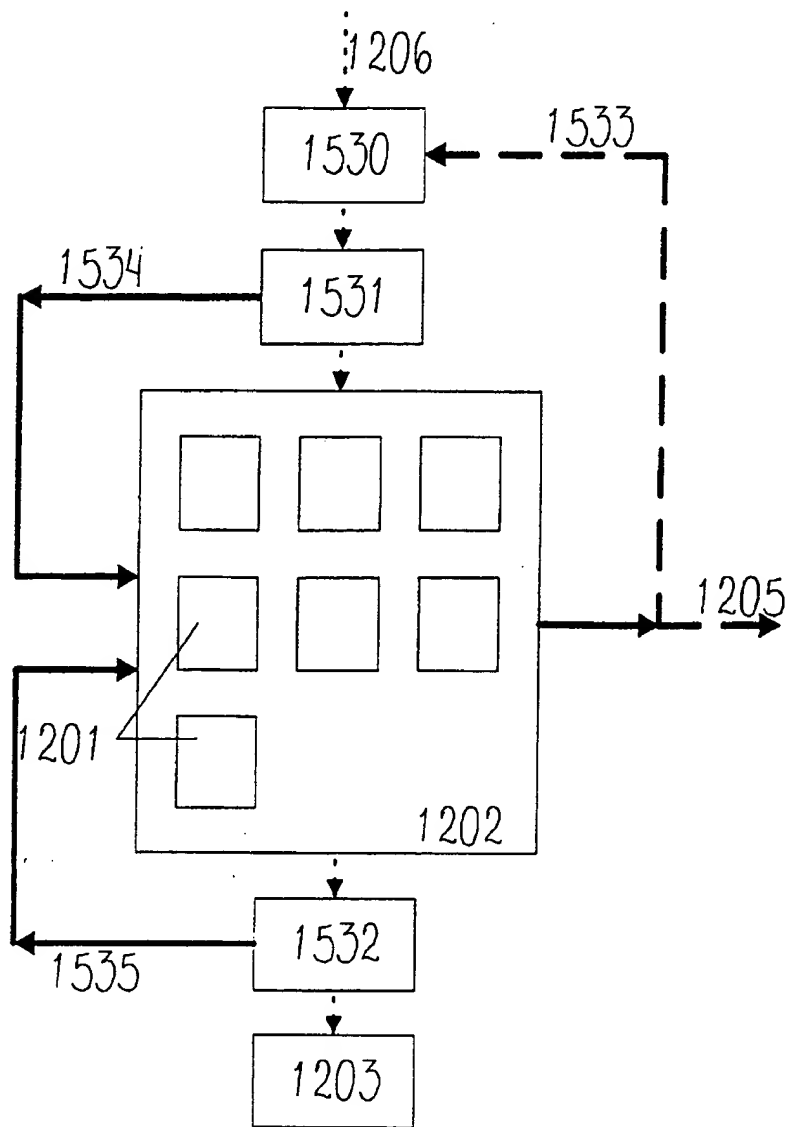


Fig. 15c